

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«Харьковский политехнический институт»

**Е. И. Сокол, А. В. Ивашко, П. А. Качанов**

**ЭЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА,  
ИНФОРМАТИКА – ЛЮДИ И ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Учебное пособие  
для студентов специальностей, входящих в отрасли знаний:  
«Информационные технологии», «Автоматика и приборостроение»,  
«Электроника и телекоммуникации»

Рекомендовано ученым советом Национального технического университета  
«Харьковский политехнический институт»

Харьков  
НТУ «ХПИ»  
2019

УДК 621.3 + 921.3  
С59

Рецензенты:

*И. А. Фурман*, д-р техн. наук, проф. кафедры автоматизации компьютерно-интегрированных технологий Национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков;

*Н. Д. Кошевой*, зав. кафедрой авиационных приборов и измерений Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков

Рекомендовано ученым советом НТУ «ХПИ» как учебное пособие для студентов специальностей, входящих в отрасли знаний: «Информационные технологии», «Автоматика и приборостроение», «Электроника и телекоммуникации», протокол № 8 от 02.11.2018 г.

У навчальному посібнику розглянуто головні етапи розвитку електротехніки і електроніки, автоматичної, обчислювальної техніки. Наведено відомості про найбільш видатні винаходи у цих галузях; біографії відомих дослідників. Книга може бути використана як навчальний посібник з курсів «Вступ до спеціальності» та «Історія науки і техніки».

Призначено для студентів спеціальностей, що входять у галузі знань: «Інформаційні технології», «Автоматика і приладобудування», «Електроніка і телекомунікації».

**Сокол Е. И.**

С59 Электроника, автоматика, информатика – люди и изобретения : учеб. пособие / Е. И. Сокол, А. В. Ивашко, П. А. Качанов. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2019. – 226 с. – На рус. яз.

ISBN 978-617-05-0282-7

В учебном пособии рассмотрены основные этапы развития электротехники и электроники, автоматичної, обчислювальної техніки. Приведены сведения о наиболее выдающихся изобретениях в этих областях: биографии известных исследователей. Книга может использоваться в качестве учебного пособия по курсам «Введение в специальность» и «История науки и техники».

Предназначено для студентов специальностей, входящих в отрасли знаний: «Информационные технологии», «Автоматика и приборостроение», «Электроника и телекоммуникации».

Ил. 340. Библиогр.: 48 назв.

УДК 621.3 + 921.3

ISBN 978-617-05-0282-7

© Сокол Е. И., Ивашко А. В.,  
Качанов П. А., 2019

## Введение

При подготовке инженерных кадров, помимо усвоения специальных знаний, очень важным является выработка у студента целостной картины состояния той или иной отрасли техники. Данное пособие позволяет проследить историю электротехники, электроники и автоматики от древнейших времен до наших дней.

При этом авторами предпринята попытка выделить основные этапы развития некоторых отраслей науки и техники, познакомить читателя с вкладом в науку наиболее известных отечественных и зарубежных ученых и инженеров. Особое внимание уделяется украинским ученым, как творившим в независимой Украине, так и проявившим свои таланты в Российской империи, СССР и других странах. Приводятся также сведения о научно-исследовательских, проектных и производственных организациях Харькова и Украины, составляющих основу современной приборостроительной промышленности нашей Родины.

Ограниченный объем книги не позволил авторам подробно рассматривать историю открытия тех или иных технических решений (таким событиям в истории техники, как изобретение микросхемы, микропроцессора, цифрового компьютера посвящены отдельные объемные публикации отечественных и зарубежных авторов). Как правило, тому или иному ученому или изобретению посвящена всего одна страница. Авторы надеются, что это краткое знакомство побудит читателя к более глубокому изучению отдельных интересных моментов в истории науки и техники. При этом авторы понимают субъективность отбора материала, при котором множество важных аспектов осталось за пределами издания.

С целью упрощения восприятия материала книга иллюстрирована портретами выдающихся ученых и изобретателей и изображениями электрических и электронных приборов и устройств, применявшихся на различных ступенях развития техники. Историческая значимость многих исследователей – творцов современной цивилизации подтверждается их изображениями на банкнотах, монетах и почтовых марках.

Книга разбита на семь разделов, каждый из которых соответствует тому или иному аспекту развития науки и техники.

Первый раздел посвящен истории современной электротехники. Рассматривается эволюция взглядов на природу электрического тока, установлению основных законов электротехники, развитию науки об электричестве – от лабораторных опытов до превращения в одну из основ существования человечества.

Второй раздел содержит сведения об элементной базе, являющейся основой современных электронных систем. Выделены основные этапы развития электронной техники – ламповые устройства, транзисторные, приборы на интегральных схемах

малой и средней степени интеграции, микропроцессорах, программируемых интегральных микросхемах.

Третий раздел знакомит читателя с приборами и системами автоматики – от забавных игрушек древности до современных гибких автоматизированных производств. Показано, как исследования в теории автоматического управления позволили оптимизировать параметры автоматических систем, разрабатывать все более эффективные алгоритмы управления.

Четвертый раздел посвящен развитию вычислительной техники и информационных технологий. Представлены самые разнообразные вычислительные системы – счетные палочки наших далеких предков, механические вычислители средневековья, громоздкие ламповые ЭВМ, современные мультимикропроцессорные компьютеры. Немало внимания уделено развитию программного обеспечения – языкам программирования, операционным системам, пакетам прикладных программ, позволившим компьютерам войти в повседневную жизнь и стать друзьями и помощниками человека XXI века.

В пятом разделе рассматриваются математические методы и технические средства для передачи информации. Рассмотрены системы связи, начиная с примитивных световых и звуковых средств коммуникаций и заканчивая современными цифровыми системами с использованием космических и волоконно-оптических каналов связи.

Тема шестого раздела – электронные медицинские приборы. Показано, как достижения электроники позволили облегчить диагностику и излечение опасных заболеваний, сохранить жизнь и здоровье миллионам пациентов.

Несколько отличается от других по методу изложения материала седьмой раздел. В нем представлена информация о некоторых ведущих в мире корпорациях, работающих в области электроники, информатики и вычислительной техники, автоматизации производства и телекоммуникаций. Описан путь компаний от скромных мастерских до мегакорпораций с многомиллиардным оборотом. Подчеркнута роль ведущих транснациональных корпораций в формировании технологического облика современной цивилизации.

Авторы надеются, что предлагаемое пособие будет интересно не только студентам соответствующих специальностей, но и всем, интересующимся историей науки и техники.

Адрес Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: вул. Кирпичова, 2, м. Харків-2, 61002.

Кафедра автоматики и управления в технических системах  
email: kafedra.auauts@kpi.karkiv.ua

## 1. Откуда в розетке ток?

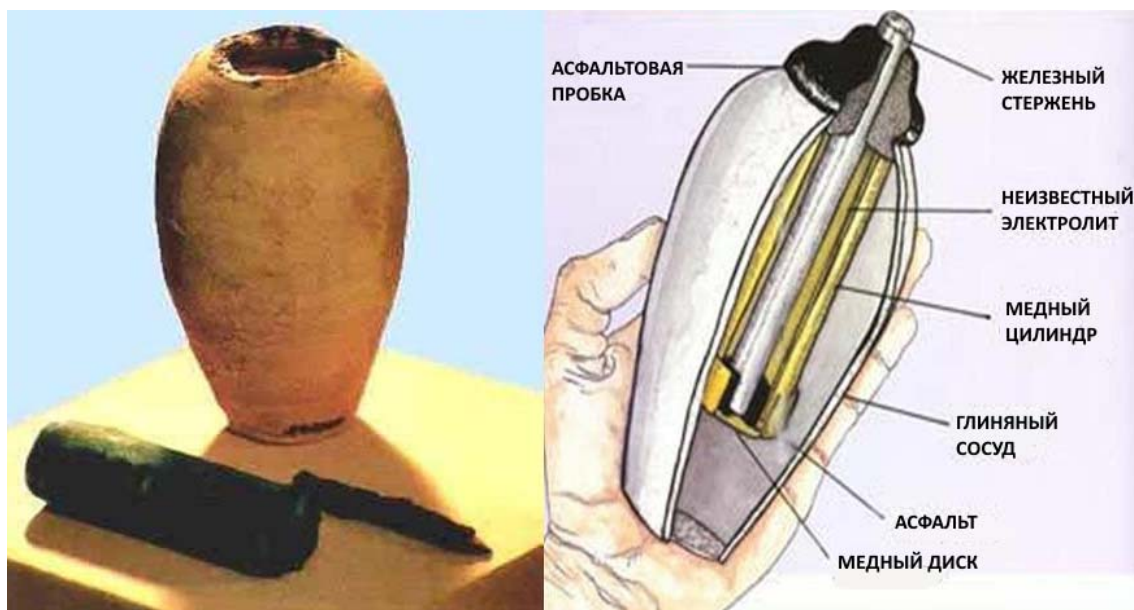
Практически каждую секунду нашей жизни мы так или иначе пользуемся электрической энергией: включаем свет, разговариваем по телефону, смотрим телевизор, сидим в интернете. А ведь еще лет сто с небольшим назад жизнь была устроена совершенно иначе. Трудно даже представить себе, что помещение освещалось свечами, утюги грелись на плите, вместо стиральной машины была стиральная доска, а уж найти в той жизни аналог телевизору, компьютеру или мобильному телефону вообще сложно (разве что книг, говорят, тогда студенты побольше читали).

Почему же электрическая энергия так плотно вошла в наш быт? Этому есть много причин: электроэнергию относительно несложно получить, значительно проще, чем другие виды энергии доставить потребителю, можно с высоким коэффициентом полезного действия преобразовать в тепловую, механическую или химическую энергию. Безусловно, эти удобства не появились сами по себе, а являются следствием создания различных сложных электрических приборов и устройств.

Развитие электротехники и электроники связано с работами многих известнейших ученых и изобретателей. Благодаря этим ученым электромагнитные явления из явлений сложных, загадочных и таинственных стали широко известными, получили широкое применение, стали одной из основ развития человечества. Имена пионеров электротехники вошли не только в историю, но и быт в виде названных в их память единиц измерения. О многих из них написаны книги, брошюры, статьи, их имена мы произносим каждый раз, когда читаем инструкцию к любому электроприбору, нас интересует, сколько вольт выдает автомобильный аккумулятор, сколько ватт потребляет холодильник, на частоте в сколько герц вещает любимая радиостанция.

А ведь чтобы ввести в обиход ту или иную физическую величину, предложить методы ее измерения, построить измерительные приборы, необходимо было поставить множество оригинальных, часто дорогостоящих, а иногда и опасных для жизни опытов. Построение бытовых и промышленных электроприборов базируется на множестве законов, теоретически и практически обоснованных учеными-первопроходцами электричества. Даже люди, профессионально не связанные с электротехникой и напрочь забывшие школьную физику и закон Ома, интуитивно следуют ему, используя изоляционную ленту при ремонте розетки или выключателя, а иногда даже закон Джоуля–Ленца, включая последовательно две лампочки на лестничной площадке, чтобы они меньше потребляли электроэнергии и реже перегорали.

Как же произошло, что электричество так прочно вошло в нашу жизнь? Оказывается, история открытия законов электричества и его внедрение – это почти детективная повесть или, как минимум, авантюрный роман. В этой истории есть место дружбе и вражде, ссорам и интригам, сложным финансовым комбинациям и даже героической гибели во имя науки. В очень кратком изложении этой истории посвящена данная глава.



### Багдадская батарейка

В июне 1936 года во время проведения под Багдадом земляных работ строители натолкнулись на древнюю могилу, закрытую каменной плитой. За следующие два месяца археологи извлекли оттуда множество предметов парфянского периода (248 до н.э. – 226 гг. н.э.), в том числе – глиняный 13-сантиметровый сосуд, горлышко которого было залито битумом, с медным цилиндром и железным стержнем внутри. Следы коррозии на меди наводили на мысль, что в сосуде когда-то хранилась жидкость. Немецкий археолог **Вильгельм Кёниг**, возглавлявший в то время лабораторию Иракского музея, идентифицировал этот объект как простейший **гальванический элемент**, созданный за 2000 лет до рождения Алессандро Вольта.

Версию Кёнига о том, что находка является батарейкой, подтвердил американский инженер Уиллард Грей. Он создал точную копию «батарейки» и, наполнив её пятипроцентным винным уксусом, получил напряжение в 0,5 вольта. Впоследствии было проделано множество подобных экспериментов, в которых удавалось достичь напряжения от 0,8 до 2 вольт и даже 4 вольта при использовании в качестве электролита лимонного сока.

Никаких письменных свидетельств относительно применения таких устройств в древности не сохранилось. Некоторые ученые полагают, что батарейки использовались для нанесения гальванического покрытия из золота на медные или серебряные предметы. По другой теории, электричество, вырабатываемое батареей, использовалось в медицине для своего рода электроакупунктуры или для ритуальных целей (соединение нескольких батареек обеспечивало напряжение, ощущаемое человеком и могущее свидетельствовать о магической силе жрецов).

Скептически настроенные археологи отмечают, однако, что сама демонстрация возможности использования находки в качестве источника электрического тока не доказывает, что она на самом деле так применялась. Они предполагают, что сосуд использовался для хранения священных свитков, называемых электрическими.

Впервые явления, которые сегодня называют электрическими, были замечены в древнем Китае, Индии, а позднее – в древней Греции. Древнегреческий философ, математик и астроном **Фалес Милетский** в VI веке до нашей эры отмечал способность янтаря, натертого мехом или шерстью, притягивать пушинки и другие легкие тела (согласно легенде, дочь Фалеса рассказала отцу, что, уронив янтарное веретено на пол, терла его, чтобы очистить от приставшего сора, но веретено только сильнее притягивало к себе пылинки и нити). От греческого названия янтаря – «электрон» – это явление стали называть **электризацией**.

**Уильям Гильберт** – английский физик, придворный врач Елизаветы I и Якова I. Изучал магнитные и электрические явления, первым ввел термин «электрический». Впервые он употребил это слово в своем трактате «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле» в 1600 году. Ученый объяснял действие магнитного компаса, а также приводил описания опытов с наэлектризованными телами. Гильберт установил, что у магнита имеются два неразделимых полюса: если магнит распилить на две части, то у каждой из половинок оказывается вновь по паре полюсов. Полюса, которые Гильберт назвал одноименными, отталкиваются, а другие – разноименные – притягиваются. Гильберт открыл явление магнитной индукции: брусок железа, расположенный возле магнита, сам приобретает магнитные свойства.

Гильберт изучил все, что было известно древним народам о свойствах янтаря, и сам провел опыты с янтарем и магнитами. При помощи своего электроскопа он продемонстрировал, что притягивать к себе легкие тела может не только янтарь. Этими свойствами обладают и такие материалы, как сапфир, алмаз, горный хрусталь, стекло и прочие.

В честь Гильберта названа внесистемная единица **магнитодвижущей силы**: 1 Гильберт (Гб) – это магнитодвижущая сила вдоль замкнутого проводника, по которому течет ток силой  $10/4\pi$  А, то есть  $1 \text{ Гб} = 10/4\pi \text{ А} = 0,796 \text{ А}$ .



**Фалес Милетский**  
(640/624–548/545 до н. э.)



**Уильям Гильберт**  
(1544–1603)

**Отто фон Герике** – немецкий физик, инженер и философ. Учился правоведению, математике и механике в Лейпциге, Йене и Лейдене. С 1646 года – бургомистр Магдебурга. В 1650 изобрёл вакуумную откачку и применил это изобретение для изучения свойств вакуума и роли воздуха в процессе горения и для дыхания человека.

В 1654 году провёл известный эксперимент с Магдебургскими полушариями, который доказал наличие давления воздуха; установил упругость и весомость воздуха, способность поддерживать горение, проводить звук. В 1657 году изобрел водяной барометр, с помощью которого предсказал надвигающуюся бурю за два часа до её появления, таким образом, войдя в историю как один из первых метеорологов.

В 1650 году Герике изготовил шар из серы «величиной с детскую голову», насадил его на железную ось, укрепленную на деревянном штативе. При помощи ручки шар вращался и натирался ладонями рук или куском сукна. Это была первая простейшая электростатическая машина. Герике удалось заметить, что заряженный шар потрескивает и светится в темноте (первым наблюдал электролюминесценцию) и, что особенно важно, впервые обнаружить, что пушинки, притягиваемые шаром, через некоторое время отталкиваются от него – это явление долго не находило объяснения учеными. В 1672 году известный немецкий ученый **Г. В. Лейбниц**, пользуясь машиной Герике, наблюдал электрическую искру и впервые описал это явление.

Имя Отто фон Герике носит **Магдебургский Университет** – одно из самых престижных высших учебных заведений Германии, вуз-партнер Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Между университетами практикуется обмен студентами и преподавателями, совместные научные исследования, дистанционное обучение преподавателей ХПИ в рамках программы повышения их квалификации. В 2003 году при поддержке Магдебургского университета имени Отто фон Герике в НТУ «ХПИ» был основан немецкий технический факультет по подготовке студентов по специальностям машиностроительного и электромашиностроительного профиля.

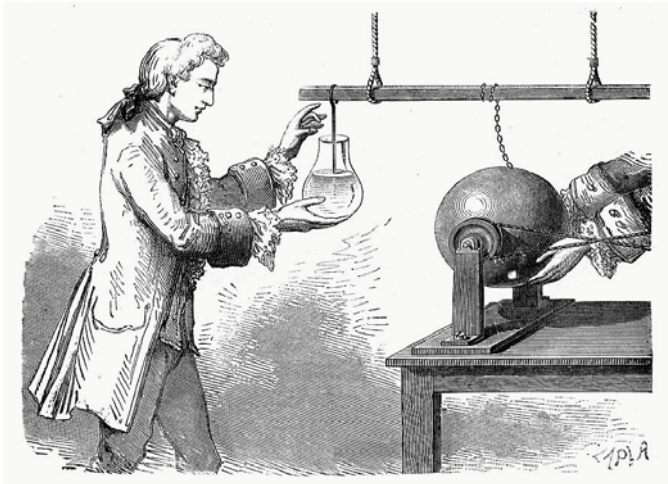


Отто фон Герике (1602–1686)

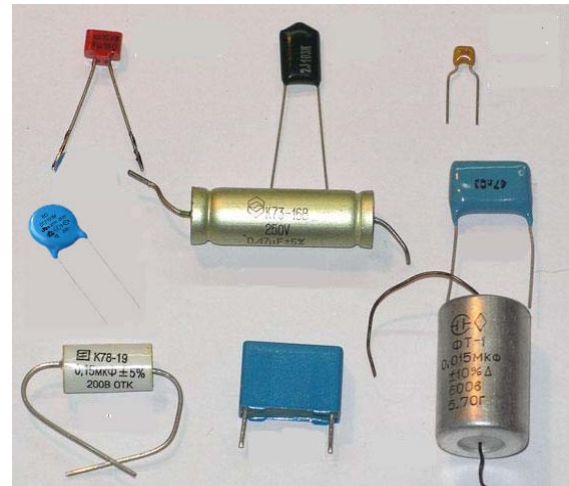


Электростатическая машина





Зарядка лейденской банки от электростатической машины



Современные конденсаторы различных типов

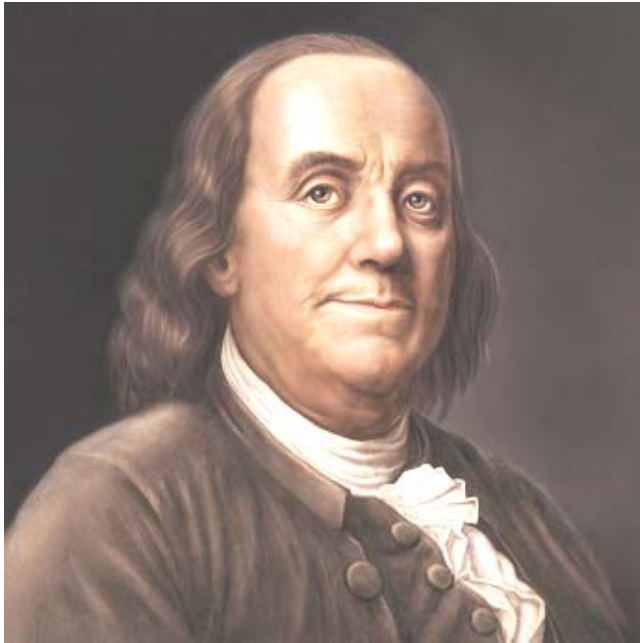
Первый простейший конденсатор, так называемая **лейденская банка**, был изобретен в 1745 году в городе Лейден голландским учёным **Питером ван Мушенбруком** (1692–1761) и его учеником Кюнеусом. Этот конденсатор представлял собой стеклянную банку, наполненную водой и прикрытую деревянной крышкой. Сквозь крышку был продет металлический стержень.

П. Мушенбрук наполнил стеклянную банку водой и соединил металлический стержень с электрической машиной, а затем подал ток. В результате чего он испытал настолько мощный электрический удар, что несколько дней приходил в себя. В данном случае роль обкладок конденсатора сыграли вода и руки исследователя. Постепенно конструкция лейденской банки совершенствовалась: воду заменили дробью, а наружную поверхность покрыли тонкими свинцовыми пластинами; позднее и внутреннюю, и наружную поверхности стали покрывать оловянной фольгой, и банка приобрела современный вид. Позднее для усиления эффекта была создана батарея из трех банок. Практически одновременно с Мушенбруком сходный аппарат под названием «медицинская банка» изобрёл немецкий ученый **Э. Г. фон Клейст**.

Опыты Мушенбрука приобрели большую популярность. Появился даже термин «Демон Мушенбрука, который убивает голубыми искрами». В присутствии французского короля Людовика XV была образована цепь из 180 гвардейцев, взявшихся за руки, причем первый держал банку в руке, а последний прикасался к проволоке, извлекая искру. «Удар почувствовался всеми в один момент; было курьезно видеть разнообразие жестов и слышать мгновенный вскрик десятков людей», — писал очевидец. От этой цепи солдат и произошел термин «электрическая цепь».

Опыты, проводимые с лейденской банкой, привели к изобретению металлического разрядника, благодаря чему впервые удалось искусственным путём получить электрическую искру.

Сегодня конденсаторы можно обнаружить практически в любом электронном устройстве. Их конструкция и характеристики, конечно, существенно отличаются от лейденской банки, но основной принцип — наличие двух обкладок, разделенных диэлектриком, остался неизменным.



Бенджамин Франклин  
(1706–1790)



Георг Вильгельм Рихман  
(1711–1753)

**Бенджамин Франклин** – политический деятель, учёный, изобретатель, участник войны за независимость США. Один из творцов американской Конституции (1787 год). Автор афоризма «Время – деньги». Портрет Франклина изображается на купюре в сто долларов США с 1914 года.

Основной областью научных исследований Франклина была физика. Франклин занимался измерением теплопроводности материалов, исследовал явления охлаждения жидкости при испарении и распространение звука в воде и воздухе, но наибольшее значение имели его работы по электричеству. Франклин объяснил принцип действия лейденской банки, установив, что главную роль в ней играет диэлектрик, разделяющий проводящие обкладки, ввёл общепринятое теперь обозначение электрических зарядов «+» и «-».

Проведя эксперимент с использованием запущенного в грозу воздушного змея, Франклин установил тождество атмосферного и получаемого с помощью трения электричества, доказал электрическую природу молнии, предложил эффективный метод защиты от грозового разряда – **молниеотвод**.

Франклин исследовал течение Гольфстрим, изобрел экономичную «франклиновскую» печь, прообраз электродвигателя – «электрическое колесо», предложил применять электрическую искру для взрыва пороха.

**Георг Вильгельм Рихман** – российский физик, соратник и друг М. В. Ломоносова. Вывел носящую его имя формулу для определения температуры смеси жидкостей, имеющих разные температуры. Предложил первую работающую модель электроскопа со шкалой. С помощью своего прибора Рихман открыл существование электрического поля вокруг заряженного тела, напряженность которого убывает с увеличением расстояния от тела. 6 августа 1753 года во время грозы Рихман погиб от шаровой молнии при проведении опытов с атмосферным электричеством.

**Луиджи Гальвани** – итальянский врач, анатом, физиолог и физик, один из основателей электрофизиологии и учения об электричестве, основоположник экспериментальной электрофизиологии. Первым исследовал электрические явления при мышечном сокращении («животное электричество»). Обнаружил возникновение разности потенциалов при контакте разных видов металла и электролита.

Л. Гальвани родился 9 сентября 1737 года в Болонье. В 1759 году окончил Болонский университет, в котором изучал сначала богословие, а затем медицину, физиологию и анатомию. В 1762 году получил степень доктора медицины и начал преподавать медицину в Болонском университете, через год стал профессором.

Первые работы Гальвани были посвящены сравнительной анатомии. В 1771 году он начал опыты по изучению мышечного сокращения и вскоре открыл феномен сокращения мышц лягушки под действием электрического тока.

Совершенно случайно получилось так, что в той комнате, где в ноябре 1780 года Гальвани изучал на препаратах лягушек, их нервную систему, работал еще его приятель – физик, проводивший опыты с электричеством. Одну из отпрепарированных лягушек Гальвани по рассеянности положил на стол электрической машины. В это время в комнату вошла жена Гальвани. Ее взору предстала странная картина: при появлении искр в электрической машине лапки мертвой лягушки, прикасавшиеся к железному предмету (скальпелю), дергались. Жена Гальвани с ужасом указала на это мужу.

Л. Гальвани ошибочно объяснил эти явления существованием «животного электричества», благодаря которому мышцы заряжаются подобно лейденской банке (работавший ранее с электрическими скатами Гальвани, считал, что любые мышцы могут вырабатывать электричество аналогично скату или электрическому угрю). Представления Гальвани о «животном электричестве» развились за полтора столетия в стройное учение о биотоках живых организмов. Опыты Гальвани, получившие правильную трактовку в работах А. Вольта, способствовали также изобретению нового источника тока – **гальванического элемента**. Электрофизиология, отцом которой можно считать Гальвани, сейчас занимает важное место в науке и практике.

Сами явления, открытые Гальвани, долгое время в учебниках и научных статьях назывались «гальванизмом». С именем Гальвани связано множество терминов: гальванотерапия, гальваническая ванна, гальванотаксис, гальванометр, гальванический элемент, гальванопластика.



**Луиджи Гальвани**  
(1737–1798)

**Алессандро Вольт** – итальянский физик, химик и физиолог, один из основоположников учения об электричестве. Вольт родился в городе Комо близ Милана. Учился в школе ордена иезуитов в Комо, где и проявил интерес к естественным наукам (уже в 10 лет пытался раскрыть тайну землетрясений).

В 1779 году стал профессором университета в Павии.

С 1815 года – директор философского факультета в Падуе. В 1792–1794 годах, заинтересовавшись «животным электричеством», открытым Л. Гальвани, Вольт провёл ряд опытов и показал, что мышца лягушки была лишь пассивным электрометром, а наблюдаемые электрические явления объясняются тем, что определенная пара разнородных металлов, разделенная слоем специальной электропроводящей жидкости, служит источником электрического тока, протекающего по замкнутым проводникам внешней цепи.

В 1800 году Вольт изобрёл так называемый **Вольтов столб** – источник постоянного тока, состоявший из 20 пар кружочков из двух различных металлов, разделённых смоченными солёной водой или раствором щёлочи прослойками ткани или бумаги. В присутствии Наполеона Бонапарта состоялось представление работы Вольты «Искусственный электрический орган, имитирующий натуральный электрический орган угря или ската». Наполеон щедро наградил автора: в честь ученого была выбита медаль и учреждена премия в 80 000 экю. Скромный Вольт назвал свое изобретение в честь Гальвани «гальваническим элементом». Создание первого источника электрического тока сыграло громадную роль в развитии науки об электричестве.

Серия экспериментов по измерению контактной разности потенциалов завершилась составлением известного «ряда Вольты», в котором элементы располагаются в следующей последовательности: цинк, свинец, олово, железо, бронза, медь, платина, золото, серебро, ртуть.

Вольт изобрёл ряд электрических приборов (электрофор, электрометр, электроскоп), обнаружил и исследовал горючий газ (метан). Именем Вольты названа единица **электрического напряжения** – вольт. Вольт (В, *V*) может быть определён как разность потенциалов между двумя точками электростатического поля, при прохождении которой над зарядом величиной 1 кулон (Кл, *C*) совершается работа величиной один джоуль (Дж, *J*):  $1 \text{ В} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ Кл}$ . Соответственно выраженное в вольтах электрическое напряжение  $U$  определяется как отношение работы тока в джоулях  $A$  на участке цепи к электрическому заряду  $Q$  в кулонах, прошедшему по этому участку:  $U = A / Q$ .



**Алессандро Вольт**  
(1745–1827)

**Шарль Огюстен Кулон** – выдающийся французский инженер и физик, один из основателей электростатики.

Шарль де Кулон родился 14 июня 1736 года в Ангулеме, в семье правительственного чиновника. После окончания Военно-инженерной школы в Мезьере в 1761 году получил чин лейтенанта, проходил службу в Бресте, на острове Мартиника, в Ла-Рошели и Шербуре. Ещё в начале 1770-х годов, вернувшись из Мартиники, Кулон активно занялся научными исследованиями.

Публиковал работы по технической механике (статика сооружений, теория ветряных мельниц, механические аспекты кручения нитей). Установил законы сухого трения. Кулон сформулировал законы кручения; изобрёл (1784) **крутильные весы**, которые сам же применил для измерения электрических и магнитных сил взаимодействия.

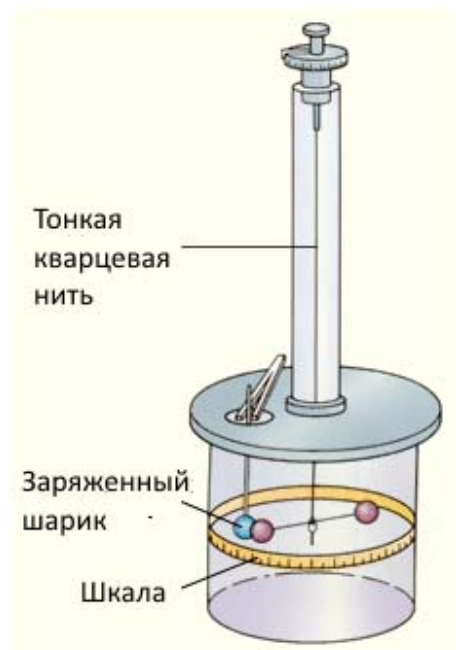
Крутильные весы Кулона состояли из вертикальной нити, на которой подвешен лёгкий уравновешенный рычаг, вращающийся в горизонтальной плоскости, пока измеряемые силы не уравновесятся силами упругости закрученной нити. Этот высокочувствительный прибор мог использоваться для измерения малых сил различной природы, в частности, сил электрического и магнитного взаимодействия.

Поставив ряд экспериментов, Кулон в 1785 году открыл закон, названный его именем, гласящий: сила взаимодействия  $F$  между двумя неподвижными точечными зарядами, находящимися в вакууме, пропорциональна зарядам  $Q_1$ ,  $Q_2$  и обратно пропорциональна квадрату расстояния  $r$  между ними:  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ , где  $k$  – коэффициент пропорциональности. На основании проведенных опытов ввёл понятия магнитного момента и поляризации зарядов.

В честь Шарля Кулона названа единица измерения **электрического заряда**. Кулон – это величина заряда, прошедшего через проводник при силе тока 1 ампер за время 1 секунда:  $1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}$ . Соответственно выраженный в кулонах электрический заряд может быть определен как произведение силы тока на время протекания тока:  $Q = It$ .



Шарль Огюстен Кулон  
(1736–1806)



Крутильные весы

**Ханс Кристиан Эрстед** – датский учёный, физик, исследователь явлений электромагнетизма.

Работы Эрстеда посвящены электричеству, акустике, молекулярной физике. В 1820 году обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку, что привело к возникновению новой области физики – электромагнетизма, высказал мысль, что свет представляет собой электромагнитные явления, теоретически обосновал существование электромагнитных волн. В 1823 году, независимо от Ж. Фурье, открыл термоэлектрический эффект и построил первый термоэлемент. Изучал сжимаемость и упругость жидкостей и газов, изобрёл пьезометр.

На лекции в университете Эрстед демонстрировал нагрев проволоки электричеством от вольтова столба, для чего составил электрическую цепь. На демонстрационном столе находился морской компас, поверх стеклянной крышки которого проходил один из проводов. Вдруг кто-то из студентов (по другим данным – аспирант или университетский швейцар) случайно заметил, что, когда Эрстед замкнул цепь, магнитная стрелка компаса отклонилась в сторону. При размыкании цепи стрелка возвращалась обратно.

Уже в июне 1820 года Эрстед печатает на латинском языке небольшую работу под заголовком: «Опыты, относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку». Эрстед писал: «Кроме того, из сделанных наблюдений можно заключить, что этот конфликт образует вихрь вокруг проволоки». Другими словами, магнитные силовые линии окружают проводник с током, что и составляет содержание первого основного закона электродинамики. Это было первое экспериментальное подтверждение связи электричества и магнетизма, о чем уже давно догадывались ученые.

В честь Эрстеда названа единица измерения **напряжённости магнитного поля** в системе СГС. 1 эрстед равен напряженности магнитного поля в вакууме, если магнитная индукция составляет 1 гаусс. 1 эрстед [Э] = 79.5774715459424 ампер на метр [А/м].



Ханс Кристиан Эрстед  
(1777–1851)



Схема опыта Эрстеда

**Андре-Мари Ампер** – знаменитый французский физик, математик и естествоиспытатель, член Парижской Академии наук (1814). Ампер впервые создал теорию, которая выражала связь электрических и магнитных явлений. Начиная с 1820 года, когда приобрело известность открытие Эрстедом действия тока на магнитную стрелку, Ампер посвящает себя проблемам электродинамики.

В том же году он открывает магнитное взаимодействие токов, устанавливает закон этого взаимодействия (позднее названный законом Ампера) и делает вывод, что «все магнитные явления сводятся к чисто электрическим эффектам». Согласно гипотезе Ампера, любой магнит содержит внутри себя множество круговых электрических токов, действием которых и объясняются магнитные силы.

Закон Ампера гласит: *сила  $F$ , действующая на проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле, пропорциональна длине проводника  $l$ , вектору магнитной индукции  $B$ , силе тока  $I$  и синусу угла  $\alpha$  между вектором магнитной индукции и проводником:  $F = BIl \sin \alpha$ .*

Ампер открыл (1822) магнитный эффект катушки с током (соленоида). Высказал идею об эквивалентности соленоида с током и постоянного магнита. Предложил помещать в катушку металлический сердечник из мягкого железа для усиления магнитного поля. Высказал идею использования электромагнитных явлений для передачи информации (1820). Ампер изобрел коммутатор, электромагнитный телеграф (1829).

Именно Амперу принадлежит заслуга введения в науку терминов «электростатика», «электродинамика», «электродвижущая сила», «напряжение», «гальванометр», «электрический ток», «соленоид» и даже «кибернетика». Ампер предложил принять за направление постоянного электрического тока то, в котором перемещается «положительное электричество». Классический труд Ампера «Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта» (1826), внес важный вклад в науку об электричестве.

В честь Ампера названа единица измерения **силы электрического тока** в Международной системе единиц (СИ), одна из семи основных единиц СИ. Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 метр один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 метр силу взаимодействия, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н (ньютон).



Андре-Мари Ампер  
(1775–1836)

**Георг Симон Ом** – немецкий физик. Установил основной закон электрической цепи (закон Ома). Показал, что слуховое ощущение вызывается гармоническими колебаниями, на которое ухо разлагает звуки (акустический закон Ома).

Г. Ом начал свои исследования с определения относительных величин проводимости различных проводников, подключая последовательно между двумя точками цепи тонкие проводники из различных материалов одинакового диаметра и изменяя их длину так, чтобы получалась определенная величина тока. Первоначально Ом использовал гальванические источники тока, но вскоре обнаружил, что они создают ток, убывающий со временем, что явилось причиной неточностей в первой из публикаций Ома. Он нашел выход из этого положения, перейдя к использованию открытого Т. Зеебеком явления – возникновения



**Георг Симон Ом**  
(1787–1854)

тока в цепи из двух различных проводов, если спаи между ними имеют различные температуры. Ом в качестве источника тока использовал термоэлемент из висмута и меди, один из спаев которых находился в кипящей воде, а другой – во льду.

Силу тока Ом измерял, наблюдая за магнитной стрелкой, подвешенной на металлической нити и отклоняющейся под воздействием протекающего в цепи тока. Угол поворота стрелки и являлся мерилем тока. Ом устранил все первоначально имевшиеся источники неточностей и получил надежные результаты, касающиеся влияния на ток как геометрической формы проводников (их длины и сечения), так и их химического состава. В 1826 году появилась обширная статья Г. Ома «Определение закона, по которому металлы проводят контактное электричество, вместе с наброском теории вольтаического аппарата мультипликатора Швейггера» (так Ом называл применявшийся им гальванометр), в которой излагались основные результаты его исследований.

Г. Ом вывел теоретически и подтвердил на опыте закон, носящий его имя и выражающий связь между силой тока в цепи, напряжением и сопротивлением. Ом экспериментально установил, что сила тока  $I$ , текущего по проводнику, пропорциональна напряжению  $U$  на концах проводника и обратна электрическому сопротивлению  $R$  проводника:  $I = U / R$ .

В честь Георга Ома названа единица измерения **электрического сопротивления** в системе единиц СИ. *Ом равен электрическому сопротивлению проводника, между концами которого возникает напряжение 1 вольт (В) при силе постоянного тока 1 ампер (А):  $1 \text{ Ом} = 1 \text{ В} / 1 \text{ А}$ .*



**Карл Фридрих Гаусс** – немецкий математик, астроном и физик. Считается одним из величайших математиков всех времён, «королём математиков».

Первое же сочинение Гаусса «Арифметические исследования» на многие годы определило развитие двух важных разделов математики – теории чисел и высшей алгебры. Разработанная Гауссом **теория сравнений** и рассмотренные им свойства квадратичных вычетов находят широкое применение в современных теории кодирования и криптографии.

В 1799 году Гаусс доказывает **основную теорему алгебры**, согласно которой число корней многочлена (действительных и комплексных) равно степени многочлена.

Решение практических задач в области астрономии и геодезии позволили Гауссу разработать в 1821–1823 годах **метод наименьших квадратов**, широко применяемый и сегодня для аппроксимации точечных значений некоторой функцией, и исследовать статистические законы распределения. Он глубоко изучил **нормальное распределение**, показал, что если результат наблюдения является суммой многих случайных независимых величин, то при увеличении числа слагаемых распределение результата стремится к нормальному. Хотя нормальный закон был известен задолго до Гаусса, его вклад в теорию этого распределения настолько велик, что нормальный закон часто называют «законом Гаусса». Основанный на нормальном распределении аддитивный белый гауссовский шум наиболее часто используется для расчёта и моделирования систем радиосвязи и систем автоматического управления.

В 1830–1840 годы Гаусс много внимания уделяет проблемам физики. Вместе с В. Вебером Ф. Гаусс создал абсолютную систему электромагнитных единиц (1832), приняв за основу три единицы: единицу времени 1 с, длины 1 мм и массы 1 кг. В 1833 году в сотрудничестве с Вебером Гаусс строит первый в Германии электромагнитный телеграф. В 1839 году выходит сочинение Гаусса «Общая теория сил притяжения и отталкивания, действующих обратно пропорционально квадрату расстояния», в которой он излагает ряд положений теории потенциала и доказывает основную теорему электростатики, применяемую для определения потоков электростатического, магнитного и электромагнитного полей (теорема Гаусса–Остроградского).

В честь Гаусса названа единица измерения магнитной индукции в системе СГС **гаусс** (русскоязычное обозначение Гс, международное – G): 1 Гс = 100 мкТл (микротесла).



**Карл Фридрих Гаусс**  
(1777–1855)



Джозеф Генри  
(1797–1878)



Вильгельм Эдуард Вебер  
(1804–1891)

**Джозеф Генри** – американский физик, первый секретарь Смитсоновского института, создатель мощных электромагнитов с подъемной силой от 30 до 1500 кг. С целью повышения силы электромагнита Генри первым начал использовать многослойные обмотки из изолированного провода, причем первоначально изолировал провод шелком от свадебного платья своей жены.

Создавая магниты, Генри открыл новое явление в электромагнетизме: самоиндукцию – явление возникновения ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении протекающего через контур тока. Его работы по электромагнитным реле стали основой для электрического телеграфа, изобретённого Сэмюэлем Морзе и Чарльзом Уитстоном. В 1831 году им была создана модель электродвигателя с качающимся движением. Генри первым обнаружил колебательный характер искрового разряда конденсатора, что было оценено лишь полвека спустя при зарождении электросвязи и радиотехники.

В честь Генри названа единица измерения **индуктивности** в системе СИ. Цепь имеет индуктивность один **генри**, если изменение тока со скоростью один ампер в секунду создаёт ЭДС индукции, равную одному вольту.

**Вильгельм Вебер** – немецкий физик, автор закона о взаимодействии движущихся зарядов, учитывающего не только знаки и величину этих зарядов, но и их относительную скорость перемещения. Совместно с Р. Кольраушем определил скорость света, исходя из отношения значений заряда конденсатора, выраженных в магнитных и электростатических единицах.

Совместно с К. Ф. Гауссом создал абсолютную систему электромагнитных единиц, построил первый в Германии электромагнитный телеграф. Наблюдал интерференцию звука, в 1830 году выдвинул идею записи звука.

В честь Вебера названа единица измерения **магнитного потока** в системе СИ. Изменение магнитного потока через замкнутый контур со скоростью один **вебер** в секунду наводит в контуре ЭДС, равную одному вольту.

**Майкл Фарадей** – английский физик и химик, основоположник учения об электромагнитном поле.

В 1821 году Фарадей записывает в своем дневнике: «Превратить магнетизм в электричество». С решением этой задачи была связана вся его дальнейшая жизнь. В 1831 году Фарадей намотал на железный тор два провода и обнаружил неожиданный эффект. В момент



**Майкл Фарадей**  
(1791–1867)

подключения и отключения одного из проводов к гальванической батарее наблюдался кратковременный всплеск тока в другом проводе, подключенном к гальванометру. Это открытие, лежащее в основе действия электрического **трансформатора**, позже назовут **электромагнитной индукцией**, а физический закон, утверждающий, что генерируемая электродвижущая сила пропорциональна скорости изменения магнитного потока – **законом Фарадея**.

В другом опыте Фарадей обнаружил, что если магнит пропустить сквозь проволочную петлю, то через проволоку начинает проходить ток. А чуть позднее, установив между полюсами магнита вращающийся медный диск, Фарадей создает первый **электрический генератор**. В своем трактате «О некоторых новых электромагнитных движениях и о теории магнетизма» Фарадей показал, как заставить намагниченную стрелку непрерывно вращаться вокруг одного из магнитных полюсов. По существу, эта конструкция представляла собой ещё несовершенный, но вполне практичный **электродвигатель**, впервые в мире осуществивший непрерывное превращение электрической энергии в механическую.

Помимо этих открытий, Фарадей изобрел прибор для сжижения газов, открыл явление диамагнетизма, новые химические вещества, в частности – бензол и гексахлоран. Фарадей также является автором законов электролиза, названных его именем, ввел в обиход такие термины, как анод, катод, электрод и ион. А его изучение свойств магнитного поля послужило отправной точкой для уравнений другого знаменитого ученого – Джеймса Максвелла.

В честь Фарадея названа единица измерения **электрической ёмкости** в системе СИ – **фарад** (русскоязычное прежнее название – **фарада**). 1 фарад равен ёмкости конденсатора, при которой заряд в 1 кулон создаёт между его обкладками напряжение 1 вольт:  $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл}/1 \text{ В}$ . Соответственно ёмкость конденсатора  $C$ , выраженная в фарадах, определяется как отношение величины электрического заряда конденсатора  $Q$  к разности потенциалов (напряжению)  $U$  между обкладками:  $C = Q/U$ .



Джеймс Прескотт Джоуль  
(1818–1889)

Результатом опытов стало открытие закона, называющегося теперь **законом Джоуля–Ленца** (независимо этот закон был открыт российским физиком Э. Х. Ленцем). Согласно закону Джоуля–Ленца количество теплоты, выделяющейся в проводнике с током, пропорционально квадрату тока, сопротивлению проводника и времени, в течение которого ток протекал по проводнику:  $Q = I^2 R t$ . Несколько позже Джоуль показал, что индукционный ток, как и гальванический, выделяет теплоту, количество которой пропорционально квадрату силы тока и сопротивлению.

В честь Джоуля названа единица измерения работы, энергии и количества теплоты в системе СИ – **джоуль** (русскоязычное обозначение: **Дж**; международное: **Дж**). Джоуль равен работе, совершаемой при перемещении точки приложения силы, равной одному ньютому, на расстояние одного метра. В электричестве джоуль означает работу, совершаемую электрическим полем за 1 секунду при напряжении в 1 вольт для поддержания силы тока в 1 ампер:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м}^2 / 1 \text{ с}^2 = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Кл} \cdot 1 \text{ В}.$$

**Джеймс Прескотт Джоуль** – английский физик. Обосновал на опытах закон сохранения энергии. Вычислил скорость движения молекул газа и установил ее зависимость от температуры. Совместно с У. Томсоном (будущим лордом Кельвином) работал над абсолютной шкалой температуры, открыл эффект охлаждения газа при медленном адиабатическом протекании его через пористую перегородку (эффект Джоуля–Томсона). Обнаружил явление магнитного насыщения при намагничивании ферромагнетиков, описал явление магнитострикции.

В 1841 году Джоуль установил закон, определяющий тепловое действие электрического тока. Исследуя общее количество теплоты, выделяемой в цепи, включая и гальванический элемент, за определенное время, Джоуль определил, что это количество теплоты равно теплоте химических реакций, протекающих в элементе за то же время.

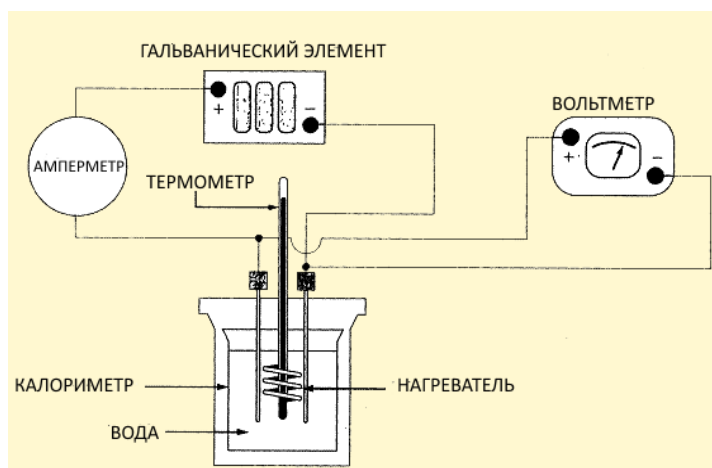


Схема установки Джоуля



Эмилий Христианович Ленц  
(1804–1865)



Борис Семенович Якоби  
(1801–1874)

**Эмилий Христианович Ленц** (при рождении **Генрих Фридрих Эмиль Ленц**) – российский физик немецкого происхождения, один из основоположников электротехники.

Среди открытий Ленца особенно известны два. В 1833 году он установил правило определения направления электродвижущей силы индукции. **Правило Ленца** раскрывало главную закономерность явления: наведенный ток всегда имеет такое направление, что его магнитное поле противодействует процессам, вызывающим индукцию. Правило Ленца сегодня используется в пассажирском транспорте при построении поездов на так называемой магнитной подушке, развивающих скорость свыше 500 км/час.

В 1842 году (независимо от Дж. Джоуля) открыл закон теплового действия электрического тока (**закон Джоуля–Ленца**). Кроме того, совместно с Б. С. Якоби Ленц впервые разработал методы расчета электромагнитов в электрических машинах, установил существование в последних «реакции якоря». Открыл обратимость электрических машин.

**Борис Семёнович (Мориц Герман) Якоби** – немецкий физик-изобретатель, с 1835 года живший и работавший в России. В 1838 году открыл **гальванопластику** – получение путем электролиза металлических копий с металлического или неметаллического оригинала, с помощью которой позднее были украшены интерьеры Исаакиевского собора, Эрмитажа, Зимнего дворца, произведены медные копии с форм для печатания денег, географических карт, почтовых марок. Изобрел прибор для измерения электрического сопротивления, названный им вольтаметром. В 1850 году создал первый в мире **буквопечатающий телеграфный аппарат**. Построенный Якоби совместно с Э. Х. Ленцем электродвигатель мог катить по рельсам человека в тележке, двигать против течения лодку с 14 пассажирами и послужил основой современного электротранспорта.

**Джеймс Клерк Максвелл** – британский физик, математик и механик, создатель классической электродинамики, один из основоположников статистической физики.

В 1860–1865 годах Максвелл создал теорию электромагнитного поля, которую сформулировал в виде системы уравнений (**уравнения Максвелла**), описывающих основные закономерности электромагнитных явлений: 1-е уравнение определяло электромагнитную индукцию Фарадея; 2-е – магнитоэлектрическую индукцию, открытую Максвеллом и основанную на представлениях о токах смещения; 3-е – закон сохранения количества электричества; 4-е – вихревой характер магнитного поля.

Уравнения Максвелла подготовили открытие электромагнитных волн Г. Герцем, заложившее основы современной электроники и связи. Исследуя эти уравнения, Максвелл предсказал существование электромагнитных волн и пришёл к выводу об электромагнитной природе света (1865). В октябре 1861 года Максвелл сообщил Фарадею о своем открытии: свет – это электромагнитное возмущение, распространяющееся в непроводящей среде, то есть разновидность электромагнитных волн. Этот завершающий этап исследований изложен в работе Максвелла «Динамическая теория электромагнитного поля» (1864). Максвелл также измерил отношение электростатической единицы заряда к электромагнитной и подтвердил его равенство скорости света, измеренной семью годами ранее французским физиком А. Физо.

В 1861 году впервые получил цветное изображение, спроецировав на экран одновременно красный, зеленый и синий диапозитивы. Эти опыты определили принципы цветной фотографии и предвосхитили аддитивную цветовую модель RGB (красный-зеленый-синий), без которой невозможно построение телевизионных и компьютерных изображений.

Д. Максвелл – один из основателей кинетической теории газов. Ввёл в физику статистические представления, показал статистическую природу второго начала термодинамики (демон Максвелла), установил закон распределения молекул по скоростям, названный его именем. Среди других работ Максвелла – исследования в области оптики и механики (фотоупругость, теорема Максвелла в теории упругости, работы в области теории устойчивости движения). Максвелл теоретически исследовал устойчивость колец Сатурна и показал, что они состоят из не связанных между собой частиц (тел).

В работе «О регуляторах» (1868) Максвелл заложил основы науки об управлении и впервые решил задачу об устойчивости линейной системы.



Джеймс Клерк Максвелл  
(1831–1879)



Павел Николаевич Яблочков  
(1847–1894)



Александр Николаевич Лодыгин  
(1847–1923)

**Павел Николаевич Яблочков** – русский электротехник, изобретатель **дуговой лампы** (свечи Яблочкова), **индукционной печи** и ряда других устройств. Первая модель (1876 год) свечи Яблочкова без регулятора представляла собой два стержня, разделенных изоляционной прокладкой из каолина. На верхних концах стержней зажигался дуговой разряд, и пламя дуги светило, постепенно сжигая угли и испаряя изоляционный материал.

В феврале 1877 года электрический свет вспыхнул в витринах магазинов Парижа, затем свечами Яблочкова были освещены Лондон, Берлин, Рим. Лампу Яблочкова в Европе современники называли «русским солнцем».

П. Н. Яблочков сконструировал первый генератор переменного тока, обеспечивающий равномерное выгорание угольных стержней, создал трансформатор переменного тока, электромагнит с плоской обмоткой и впервые использовал конденсаторы в цепи переменного тока, что позволило питать большее числа свечей от одного генератора тока. Идеи Яблочкова о централизованном производстве и распределении электроэнергии на основе центральных электростанций переменного тока значительно опередили свое время.

**Александр Николаевич Лодыгин** – русский электротехник, изобретатель первой в мире **лампы накаливания**. Лампы Лодыгина представляли собой стеклянный шарообразный сосуд, внутри которого на двух медных стержнях был укреплен стерженок из ретортного угля, отличающегося значительной твердостью и хорошо проводящего ток. Ток подавался по проводам, проходившим через оправу, которая прикрывала отверстие сосуда.

В 1874 году Лодыгин получил патент на изобретение лампы накаливания, а в 1890 – на нить накаливания из тугоплавких металлов, в частности, вольфрама. Только через шесть лет после Лодыгина, в октябре 1879 года, первый опыт с электрической лампой накаливания проделал Т. А. Эдисон.

**Томас Альва Эдисон** – американский изобретатель и предприниматель. Эдисон получил в США 1093 патента и около 3 тысяч в других странах мира.

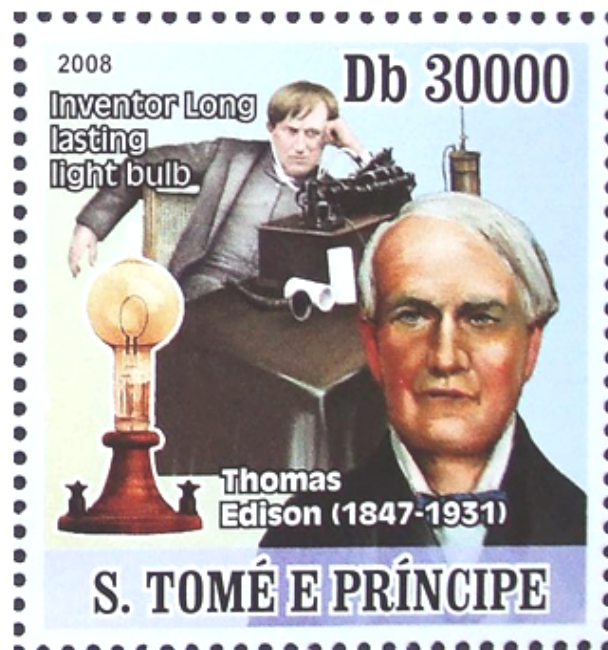
Первый патент на изобретение – **электрический регистратор голосов** при баллотировках Эдисон получил в 1869 году. На патент не нашлось покупателей, и с тех пор Эдисон взял за правило работать только над изобретениями с гарантированным спросом. В 1870 году он получил 40 тысяч долларов за изобретение телеграфного аппарата, передающего котировки акций.

В 1877 году Эдисон представил миру **фонограф**, свое любимое изобретение, которое считается одним из немногих, полностью оригинальных. Это был первый прибор для записи и воспроизведения звука, широко используемый до изобретения граммофона. Для демонстрации Эдисон записал и воспроизвел слова из детской песенки «У Мэри был барашек».

21 октября 1879 года изобретатель испытал электрическую лампочку накаливания. Лампа не была его изобретением (здесь приоритет принадлежал А. Н. Лодыгину и П.Н.Яблочкову), но именно Эдисон смог сделать лампы накаливания массовыми. При этом он перебрал более шести тысяч материалов, которые предполагал использовать в качестве нити накаливания, пока в качестве материала нити не выбрал японский бамбук, покрытый слоем угольной пыли, что дало ему рекордное по тем временам время горения – около сорока часов. Затем к этому изобретению присоединяются электросчетчик, цоколь с резьбой и выключатель. В 1883 году, экспериментируя с лампой, Эдисон сделал открытие в области «чистой» науки – открыл **термоэлектронную эмиссию**, которая позднее была применена в вакуумных лампах.



Фонограф Т. А. Эдисона



Томас Альва Эдисон  
(1847–1931)

Трудно перечислить все изобретения, доведенные Эдисоном до коммерческого образца. Он разработал дуплексный телеграф, щелочной аккумулятор, угольный микрофон, усовершенствовал телефон, киноаппарат, предложил применять парафинированную бумагу для хранения продуктов.



**Михаил Осипович Доливо-Добровольский** – русский электротехник, один из создателей техники трёхфазного переменного тока. Невзирая на то, что электротехника того времени использовала постоянный ток, М. О. Доливо-Добровольский и Н. Тесла разработали генераторы переменного тока, которые совершили революцию в электротехнике.

Для своих работ Доливо-Добровольский стал использовать не двухфазный ток, как это делали Г. Феррарис и Никола Тесла, а **трехфазный**, то есть три переменных

тока, каждый из которых сдвинут по фазе на 120 градусов. В 1888 году Доливо-Добровольский построил первый трехфазный генератор переменного тока с вращающимся магнитным полем мощностью примерно в 3 киловатта и с помощью него привел в действие свой первый **трехфазный асинхронный двигатель** с ротором из литого железа и насаженным полым медным цилиндром. Вскоре конструкция асинхронного электродвигателя была существенно улучшена путем применения ротора типа «беличьего колеса».

Михаил Осипович разработал все основные элементы трёхфазных цепей переменного тока: трансформаторы трёхфазного тока, пусковые реостаты, измерительные приборы (например, фазометр), **схемы включения генераторов и двигателей звездой и треугольником**.

В 1889 году Доливо-Добровольский построил электрическую систему, по которой передавался трехфазный ток напряжением 8500 В, мощностью 220 кВт на расстояние 175 км от Лауффенского водопада до Франкфурта.

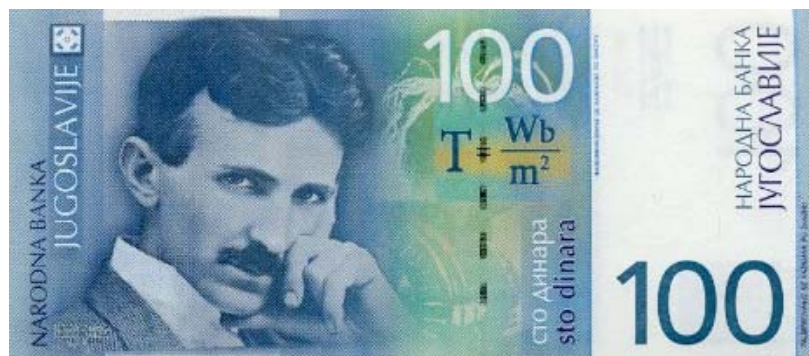
Для различного рода измерительных приборов Доливо-Добровольский удачно применил принцип двигателя с вращающимся магнитным полем. Усовершенствовал электромагнитные амперметры и вольтметры для измерения постоянного и переменного токов. Первым предложил широко применяющийся метод гашения электрической дуги в выключающих аппаратах, изобрел приборы для устранения в телефонах помех от электрических сетей, способ деления напряжения постоянного тока, основанный на применении неподвижной катушки индуктивности.

В 1919 году обосновал предельные значения расстояний передачи электроэнергии на переменном токе и указал, что самый экономичный способ передачи энергии на дальние расстояния – сверхвысокие напряжения в миллионы вольт и постоянный ток.



Михаил Осипович  
Доливо-Добровольский  
(1862–1919)

**Никола Тесла** родился 10 июля 1856 года, в городке Смилян (Австро-Венгрия), ныне – территория Хорватии, по национальности серб. С 1884 года Тесла работает в Нью-Йорке в компании Томаса Эдисона в качестве инженера по ремонту электродвигателей и генераторов постоянного тока.



Никола Тесла (1856–1943)

Н. Тесла дал строгое научное описание сути явления вращающегося магнитного поля. В 1888 году он получил свои основные патенты на изобретение многофазных электрических машин, в том числе **асинхронного электродвигателя** и **генератора переменного тока**, а также системы передачи электроэнергии посредством многофазного переменного тока. Известный промышленник и изобретатель Джордж Вестингауз выкупил патенты Теслы и создал первую промышленную **сеть переменного тока** (чему активно противился Т. А. Эдисон, выступающий за применение постоянного тока в электросетях). В 1893 году Вестингауз и Тесла выиграли заказ на освещение Чикагской ярмарки 200 тысячами электрических лампочек, а вскоре они смонтировали на Ниагарских водопадах первую энергосистему для питания переменным током города Буффало. Сегодняшняя система электроснабжения неотделима от имени Тесла – «человека, который изобрёл XX век».

Никола Тесла выполнил также ряд исследований токов высокой частоты и высоких напряжений. В 1891 сконструировал **резонансный трансформатор** (трансформатор Тесла), позволяющий получать высокочастотные колебания напряжения с амплитудой до миллиона вольт, и первым указал на физиологическое воздействие токов высокой частоты.

Ореол, окружающий изобретения Теслы, способствовал распространению различных полумифических утверждений. С именем Теслы связывали падение Тунгусского метеорита, «эксперимент Филадельфия» во время которого якобы исчез, а затем мгновенно переместился в пространстве на несколько десятков километров эсминец, создание лучей смерти, беспроводную передачу электроэнергии, искусственные землетрясения и многое другое.

В честь Н. Теслы названа единица измерения индукции магнитного поля. **Тесла** (русскоязычное обозначение: **Тл**; международное обозначение: **Т**), численно равная индукции такого магнитного поля, в котором на 1 метр длины прямого проводника, перпендикулярного вектору магнитной индукции, с током силой 1 ампер действует сила 1 ньютон. При таком значении индукции магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью  $1 \text{ м}^2$  равен 1 Вебер (Вб):  $1 \text{ Тл} = 1 \text{ Вб} / 1 \text{ м}^2$ .



**Павел Петрович Копняев**  
(1867–1932)

Одним из основателей украинской научной школы в области электротехники и организаторов электротехнического образования в Украине справедливо считается профессор **Павел Петрович Копняев**.

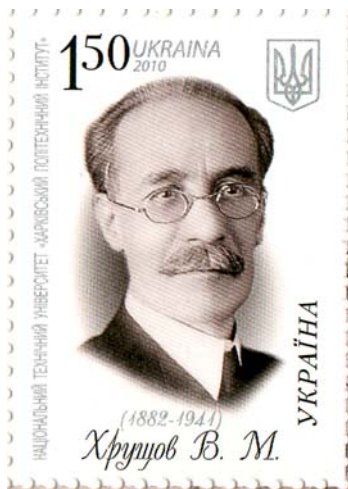
По окончании Петербургского технологического института (1896) и политехникума в немецком городе Дармштадте (1898) Копняев преподавал электротехнику в **Харьковском технологическом институте** (ныне **НТУ «ХПИ»**).

Кроме преподавательской работы, П. П. Копняев выполняет большой объем методической, научной и организационной деятельности. Им издан ряд приобретших широкую известность учебных пособий: «Динамо-машины постоянного тока» (1904), «Электрические установки» (1911), «Основы электричества и магнетизма» (1913).

Профессор Копняев всегда искал практическое применение научным разработкам. Он исследовал зависимость между возбуждением и нагрузкой электрических машин, предложил и теоретически обосновал некоторые конструктивные улучшения в электрических машинах. В 1914–1915 годах П. П. Копняевым были написаны статьи по методам расчета трамвайной тяги, разработаны схемы коммутации трамвайных подстанций, он принимал участие в реконструкции харьковского и создании мариупольского трамваев. Технический проект мариупольского трамвая был выполнен Копняевым в 1926 году, пуск первой линии состоялся в 1933.

В 1919–1920 годах профессор П. П. Копняев избирается и работает ректором Харьковского технологического института. В декабре 1920 года по распоряжению Наркомпроса П. П. Копняев был назначен председателем комиссии по организации электротехнического факультета. 22 января 1921 года в Харьковском технологическом институте был торжественно открыт электротехнический факультет, а его первым деканом был избран организатор факультета – профессор П. П. Копняев, оставшийся на этой должности бессменно до 1930 года. Одновременно он был организатором кафедры электрических машин и первым ее заведующим. С открытием факультета Павел Петрович вновь поднимает вопрос о постройке нового электротехнического корпуса и сам разрабатывает его детальный проект (вопросы архитектурного оформления были решены академиком архитектуры **А. Н. Бекетовым**).

В 1925 году организовал при Украинской палате мер и весов лабораторию электрических измерений для поверки электроприборов. Впоследствии лаборатория стала важнейшей составной частью организованного в 1901 году в Харькове первого в Украине **Института метрологии**.



Василий Михайлович  
Хрущёв (1882–1941)



Анатолий Корнеевич  
Шидловский (р. 1933)

Ведущую роль в развитии электроэнергетики и электротехники Украины уже много десятилетий играет **Институт электродинамики Национальной академии наук Украины (ИЭД НАНУ)**. История института началась в 1939 году, когда в Киеве был создан Институт энергетики. Первым директором института энергетики стал академик АН УССР **В. М. Хрущёв**, специалист в области передачи и распределения электроэнергии, методов расчёта сложных электрических сетей, проектирования высоковольтных выпрямителей (в 1923–1939 годах профессор Хрущев преподавал и выполнял научные исследования в Харьковском технологическом институте и Харьковском электротехническом институте, ныне НТУ «ХПИ»). В 1947 году на базе Института энергетики АН УССР был создан Институт электротехники, переименованный в 1963 году в Институт электродинамики АН УССР.

Сегодня ИЭД НАНУ проводит исследования по таким научным направлениям, как преобразование и стабилизация параметров электромагнитной энергии, системы и комплексы электромеханического преобразования энергии, системы управления энергетическими объектами, информационно-измерительные системы и метрологическое обеспечение в электроэнергетике, энергетические системы с возобновляемыми источниками энергии.

В разные годы в институте трудились выдающиеся ученые, академики, внесшие значительный вклад в научные исследования в области энергетики и электротехники. **С. А. Лебедев** создал одну из первых в мире вычислительных машин с хранимой в памяти программой. **А. К. Шидловский** возглавлял институт с 1973 по 2007 годы, с 2007 – почетный директор института, в 1998–2004 годах – вице-президент НАН Украины. Автор более 450 научных трудов, в том числе 20 монографий, более 170 изобретений, патентов и двух открытий. Им разработана общая теория устройств компенсации фазовых последовательностей напряжений и токов в многофазных цепях применительно к проблеме стабилизации параметров в электрических системах с несимметричными и нелинейными элементами. **Б. С. Стогний** решил ряд важных проблем автоматизации систем управления электроэнергетическими объектами, развил теорию первичных измерительных преобразователей тока и напряжения.

К числу наиболее значительных ученых Украины – специалистов в области теоретической электротехники, энергетики, математического моделирования и вычислительной техники – несомненно, следует отнести доктора технических наук, профессора, академика АН УССР **Георгия Евгеньевича Пухова**.

Г. Е. Пухов закончил в 1940 году Томский индустриальный институт и был зачислен в аспирантуру при кафедре электронных сетей и систем. Обучение в аспирантуре было прервано службой в армии и участием в боях с немецко-фашистскими захватчиками. После тяжелого ранения и демобилизации Пухов включился в работу по подготовке инженерных кадров и решению различных научно-технических задач в области энергетики и электротехники. С 1944 года преподает в ряде вузов СССР, в том числе в Киевском институте инженеров гражданской авиации, где заведует кафедрой вычислительной техники.

В 1959–1971 годах Пухов работает в Институте кибернетики АН УССР, где под его руководством разработан ряд специализированных ЭВМ. В 1971–1981 годах – в Институте электродинамики АН УССР.

7 января 1981 года по инициативе и при активном участии Г. Е. Пухова в Киеве был образован **Институт проблем моделирования в энергетике АН УССР (ИПМЭ АН УССР)**, ныне носящий имя первого директора – академика Г. Е. Пухова. В институте выполнялись фундаментальные исследования в области электроэнергетики и теоретической электротехники: анализа и синтеза сложных электрических цепей и систем, быстропротекающих процессов в энергетике, были разработаны методы моделирования энергосистем и спроектирован ряд проблемно-ориентированных моделирующих систем, выработана концепция применения средств вычислительной техники в энергетике.

Лично Г. Е. Пухов развил теорию операционных методов анализа и синтеза нелинейных систем, разработал теоретические основы диакоптических методов в электротехнике и моделировании и теорию квазианалогового моделирования, сформулировал принцип квазианалогий.

Г. Е. Пухов – автор свыше 600 научных работ, 29 монографий, 150 свидетельств на изобретения. За 50 лет педагогической работы им воспитано более 30 докторов и 160 кандидатов наук. Пухов основал международный научно-технический журнал «**Электронное моделирование**» в 1979 г и длительное время был его главным редактором. Г. Е. Пухов возглавлял Научный совет НАН Украины по комплексной проблеме «Теоретическая электротехника и моделирование», ряд специализированных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций.



Георгий Евгеньевич  
Пухов (1916–1998)

## 2. Что из чего сделано?

Пожалуй, никакая отрасль науки и техники не развивалась так стремительно в течение последних 60–70 лет, как элементная база различных электронных устройств: компьютеров, связного оборудования, бытовой и медицинской аппаратуры, систем автоматики. Кажется, совсем недавно потребители наслаждались звуками ламповых приемников и проигрывателей, на вычислительных центрах занимающие несколько комнат компьютеры производили сложные расчеты, в почтовых отделениях стояли ряды кабинок с телефонами. Сегодня прибор размером с ладонь способен решить эти и многие другие проблемы значительно быстрее и эффективнее. Какие же шаги сделали ученые и инженеры, чтобы пройти этот сложный путь?

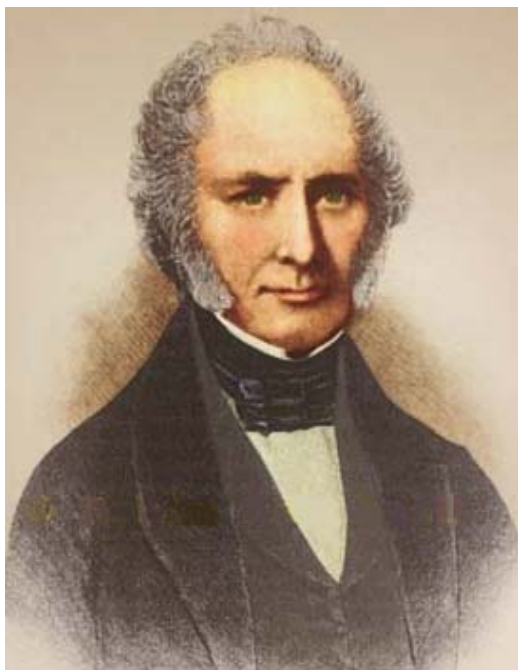
Электроника как отдельная отрасль физики начала формироваться в конце XIX века. Исследования в области физики полупроводников, открытие Т. А. Эддисоном термоэлектронной эмиссии и Дж. Томсоном элементарной частицы – электрона, несмотря на глубокую теоретическую ценность, первоначально не представляли практического интереса. Востребованы исследования в области полупроводниковой и вакуумной электроники стали в начале XX века в связи с открытием радио.

Открытие К. Брауном выпрямительного эффекта в контакте металл–полупроводник и изобретение Дж. Флемингом и Ли де Форестом электровакуумных ламп, соответственно диода и триода, позволили коренным образом улучшить характеристики систем связи и управления. На базе ламповой и полупроводниковой техники были разработаны основные схемные решения, применяемые и в современной электронике: усилители, генераторы, выпрямители, логические элементы. Это позволило уже к середине столетия значительно усовершенствовать системы связи, внедрить достаточно эффективные автоматические регуляторы, создать первые компьютеры.

Следующим мощным скачком в развитии элементной базы стало изобретение группой инженеров во главе с У. Шокли транзистора. Появление транзисторов позволило резко снизить вес, габариты и энергопотребление электронной аппаратуры, повысить ее надежность и быстродействие. Транзисторы, в свою очередь, послужили базой для создания Дж. Килби интегральной схемы, а Э. Хоффом – микропроцессора.

Интегральная микроэлектроника полностью изменила облик окружающего мира. Мобильные телефоны, микрокомпьютеры, Интернет, «умные» приборы окружают нас. Сложнейшие системы, содержащие миллиарды активных элементов, выполняющие в секунду миллиарды операций, хранящие триллионы единиц информации, помогают нам работать, учиться, отдыхать, общаться с друзьями.

А внутри каждого из таких устройств расположено множество разнообразных сложнейших элементов. Для создания каждого из этих элементов поколения ученых и инженеров шаг за шагом проникали в тайны физики, химии, математики. О том, как это происходило, рассказывает эта глава.



Уильям Стёрджен  
(1783–1850)

Вероятно, первым в истории устройством, применяемым для усиления и преобразования электрических сигналов, является **электромагнитное реле**. Уже в начале XIX века при первых попытках создания систем электросвязи возникла потребность в усилении слабых токов. Теоретические основы для решения этой задачи положили опыты датского физика Х. Эрстеда, установившего влияние тока в проводе на стрелку компаса, и изобретение в 1820 году немецким ученым **Иоганном Швейггером умножителя магнитного поля** – многовитковой катушки.

Основной же составной частью реле стал изобретенный в 1825 году англичанином **Уильямом Стёрдженем электромагнит** – устройство, преобразующее ток в намотанной на железный сердечник обмотке в магнитное поле, которое притягивало к сердечнику ферромагнитные предметы. Электромагнит Стёрджена поднимал четырехкилограммовый кусок железа с помощью железного сердечника весом 200 г, вставленного в катушку, через кото-

рую протекал ток от единственной кислотной медно-цинковой батареи.

В 1835 году американец **Джозеф Генри** предложил конструктивно объединить электромагнит с пластиной из магнитного материала (якорем). При подаче в обмотку электромагнита тока якорь притягивался к магнитному полюсу, замыкая или размыкая при своем движении электрический контакт.

Практическое применение реле с магнитоуправляемым якорем конструкции Генри нашли в телеграфных аппаратах **Сэмюэля Морзе (1837)**. С приходом в обмотку реле слабого импульса тока из линии связи реле соединяло своим контактом батарею питания с обмоткой силового пишущего электромагнита. Усиление слабых токов с помощью устройства Генри напоминало смену уставших почтовых лошадей на станциях (фр. *relay*) и стало названием таких устройств.

Сегодня реле и разработанные на их основе устройства – **контакты, автоматические выключатели, герконы, реле времени, магнитные пускатели, шаговые искатели** – находят широкое применение в энергетике, автоматике, электросвязи.



Устройство реле



Джозеф Джон Томсон  
(1856–1940)

Важной предпосылкой для развития современной электроники стало открытие в 1897 году английским физиком **Джозефом Томсоном** отрицательно заряженной элементарной частицы – **электрона**.

Уже в возрасте 27 лет Томсон возглавил физический факультет Кембриджского университета – **Кавендишскую лабораторию**, которой успешно руководил в течение 35 лет. Атмосфера в Кавендише была чрезвычайно благоприятной для проведения исследований, достаточно сказать, что в разное время в лаборатории работали 30 Нобелевских лауреатов (семь – при Томсоне).

Начав с исследований токов в разреженных газах и прохождения электрических разрядов через газы, Томсон перешел к экспериментам над **катодными лучами**, то есть потоками, исходящими из катодов (отрицательных электродов) разрядных трубок. Опыт Томсона заключался в изучении пучков катодных лучей, проходящих через систему параллельных металлических пластин, создававших электриче-

ское поле, и систем катушек, создававших магнитное поле. В 1897 году, изучая отклонение катодных лучей в магнитном и электрическом полях, Томсон обнаружил, что они представляют собой поток отрицательно заряженных частиц, причем скорость движения частиц гораздо ниже скорости света – таким образом, было показано, что частицы должны обладать массой. Измерив отношение заряда частицы к массе, Томсон показал, что она в 1837 раз легче атома водорода. Таким образом, Томсон подтвердил идею **М. Фарадея** о дискретности электрического заряда, выдвинутую в 1830-х годах (Фарадей же открыл и ввел термин «**ион**»).

Томсон вначале назвал эти частицы корпускулами, но впоследствии определил неизвестные частицы как мельчайшие электрические заряды – неделимые атомы электричества, или «**электроны**». Позднее (1903) Томсон выдвинул **модель атома**, в которой электроны входили в виде отдельных частиц, плавающих в сплошной положительно заряженной сфере. Томсон также провел исследования в области фотоэффекта и термоэлектронной эмиссии, положившие начало **масс-спектрометрии** – методу исследования веществ, основанному на определении отношения массы к заряду ионов, применяемому сегодня в медицине, криминалистике, химическом синтезе.

За исследования прохождения электричества через газы, приведшие к открытию электрона, Томсон в 1906 году получил Нобелевскую премию по физике. Любопытно, что Нобелевскую премию 1937 года за исследование волновых свойств электрона получил его сын **Джордж Паджет Томсон**.



В течение многих десятилетий телевизор, компьютер, осциллограф невозможно было представить без **электронно-лучевой трубки – кинескопа (ЭЛТ)**, появлению которой способствовал ряд важных прорывов в науке. В 1879 году английский физик **Уильям Крукс** установил, что открытые в 1859 году немцем **Юлиусом Плюккером** катодные лучи распространяются линейно, но могут отклоняться магнитным полем, а также обнаружил вещества, светящиеся при попадании катодных лучей. **Трубка Крукса**, ставшая прообразом электронной трубки, представляла собой заполненный вакуумом стеклянный баллон, в который впаяны два электрода: катод и анод. Поверхность трубки, противоположная катоду, покрывалась фосфоресцирующим составом – люминофором. При подаче на электроды высокого напряжения наблюдалось свечение экрана.

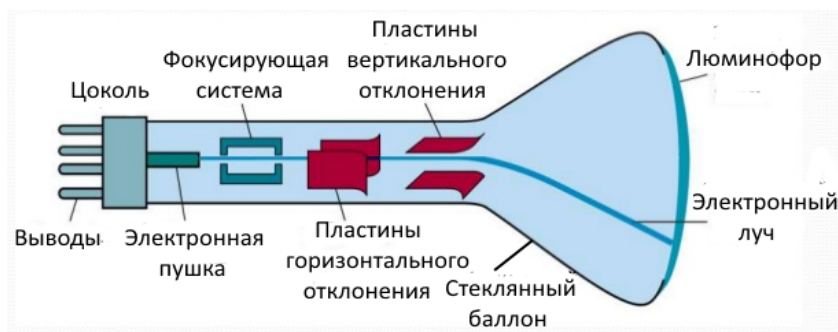
В 1897 году немецкий физик **Карл Браун** ввел в трубку Крукса систему электромагнитов, отклоняющих пучок электронов, и тем самым изобрел **осциллоскоп**. След, оставляемый этим пучком на поверхности трубки, можно было графически преобразовать с помощью вращающегося зеркала, создавая зрительный образ меняющегося напряжения.

В 1903 году ученый из Германии **Артур Венельт** поместил в трубке цилиндрический электрод (цилиндр Венельта), позволяющий менять интенсивность электронного луча и соответственно яркость свечения люминофора, что впоследствии позволило использовать ЭЛТ в телевидении.

Другим важным вкладом Брауна в науку стало открытие в 1874 году принципа действия **кристаллических (полупроводниковых) диодов**. Браун обнаружил у кристаллов сульфида свинца одностороннюю проводимость: в одном направлении электрическое сопротивление было выше, чем в другом. В 1899 году Браун запатентовал полупроводниковый **выпрямитель**, а в 1906 году американец **Г. Пиккард** создал радиоприёмник на кристаллическом диоде. Замена когерера на кристаллический детектор, а также ряд других усовершенствований в области радио, предложенных Брауном в 1899–1904 годах, стали основанием для присуждения ему Нобелевской премии 1909 года «за развитие беспроволочной телеграфии» (совместно с **Г. Маркони**).

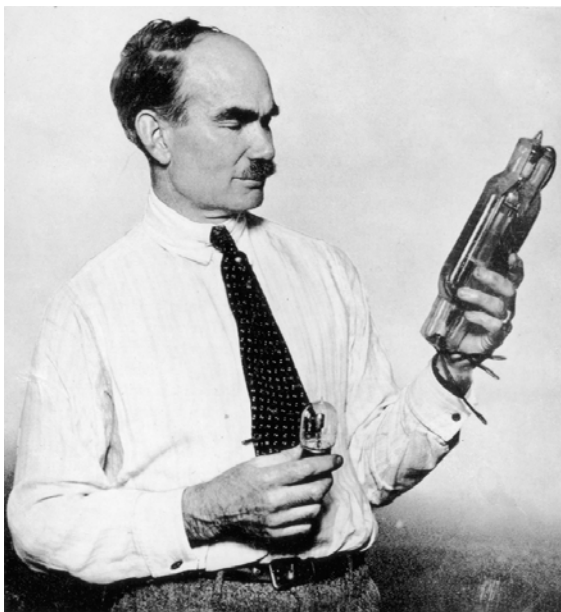


**Карл Фердинанд Браун**  
(1850–1918)

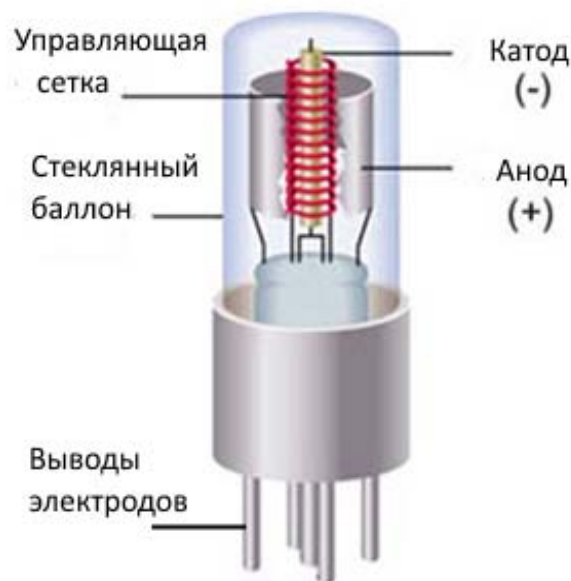


**Устройство ЭЛТ**

Замена когерера на кристаллический детектор, а также ряд других усовершенствований в области радио, предложенных Брауном в 1899–1904 годах, стали основанием для присуждения ему Нобелевской премии 1909 года «за развитие беспроволочной телеграфии» (совместно с **Г. Маркони**).



Ли де Форест  
(1873–1961)



Устройство триода

Еще в 1883 году американский изобретатель **Т. А. Эдисон** обратил внимание на явление, которое впоследствии получило название **термоэлектронной эмиссии** или **эффекта Эдисона**. Он обнаружил, что раскаленная нить обычной электрической лампы испускает электрические заряды, и в вакууме может проходить электрический ток.

А практическое применение это явление нашло в 1904 году, когда консультант компании Беспроводной телеграфии Маркони англичанин **Джон А. Флеминг** запатентовал прообраз двухэлектронной **вакуумной лампы** – **диода**, которую он назвал «колебательным вентиляем». Эта лампа, предназначенная для преобразования переменного тока в постоянный, представляла собой заключенные в стеклянный баллон два металлических электрода – анод и катод. Во время работы катод нагревался, испуская электроны, которые через вакуум летели к аноду. В обратном направлении электроны идти не могли, чем и достигался выпрямительный эффект.

В 1906 году американский радиоинженер **Ли де Форест** ввел в лампу третий электрод, размещенный между анодом и катодом. Этот электрод получил название **сетки** и служил для управления потоком электронов. Таким образом была изобретена трехэлектродная лампа – **триод** (де Форест назвал его «**аудион**»). Лампа де Фореста, в отличие от вентиля Флеминга, позволяла не только детектировать, но и **усиливать** сигнал.

В 1913 году немец **Александр Мейснер** разработал на основе триода **генератор** синусоидальных колебаний. Благодаря этому был построен первый **ламповый радиопередатчик** телефонных и телеграфных сообщений.

В 1919 году сотрудник фирмы «Сименс», немецкий физик **Вальтер Шоттки** изобрел **тетрод** – четырехэлектронную лампу с экранирующей сеткой, а в 1926 инженер нидерландской фирмы «Филипс» **Бернард Теллеген** предложил **пентод** – пятиэлектронную лампу с дополнительной антидинаatronной сеткой, препятствующей вторичной эмиссии электронов из анода.



Уильям Генри Икклз  
(1875–1966)



Фрэнк Уилфред Джордан  
(1881–1941)

Никакой компьютер или другое цифровое устройство не может функционировать без элементов хранения информации. Разработали такой элемент в 1918 году два английских физика – **Фрэнк Джордан** и **Уильям Икклз** (Икклз известен также как автор термина «диод», от греческих корней «di» – два, и «odos» – путь.). Предложенная ими схема, опубликованная в патенте Великобритании № 148582 и в статье «Переключающее реле, использующее трёхэлектродные вакуумные лампы», включала два инвертирующих усилительных каскада с положительной обратной связью и могла находиться в одном из двух стабильных состояний, сегодня обозначаемых как «0» и «1». Схема получила название «**триггер**» (англ. *trigger* – собачка, защёлка, спусковой крючок), в английском языке используется также термин «**flip-flop**». Следует отметить, что, вероятно, независимо от Джордана и Икклза ламповая переключающая схема была предложена в 1918 году выпускником Киевского коммерческого училища **М. А. Бонч-Бруевичем** под названием «катодное реле».

Первым компьютером, в котором в качестве элементов памяти использовались триггерные ячейки, был построенный в 1943 году британский «Colossus», используемый для дешифровки немецких кодов. По мере развития элементной базы появились триггеры на транзисторах и интегральных схемах. Сегодня в цифровых схемах наиболее часто используются реализуемые на логических элементах RS-, D-, JK- и T-триггеры. На основе триггерных структур строятся такие распространенные цифровые узлы, как **счетчики, регистры, статические ОЗУ**.

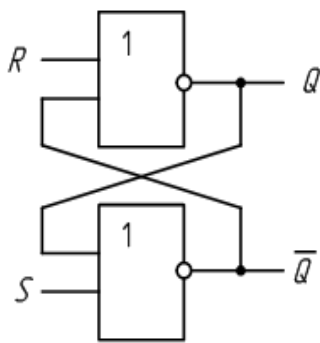


Схема RS–триггера  
на ИЛИ-НЕ элементах

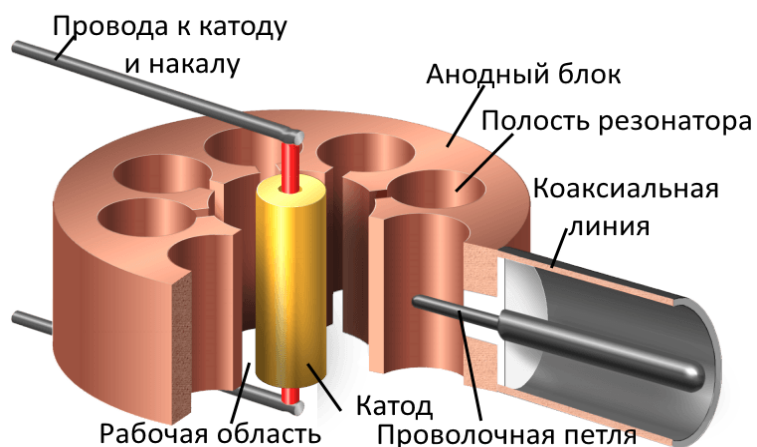
Другим важным элементом цифровых устройств стал изобретенный в 1919 году французами **Анри Абрахамом** и **Эженом Блошем** генератор прямоугольных импульсов – **мультивибратор** (термин предложен голландским физиком **Б. ван дер Полем**, так как в спектре колебаний мультивибратора присутствует множество гармоник – в отличие от генератора синусоидальных колебаний).

Развитие таких отраслей техники, как радиолокация, радионавигация, многоканальная связь, вызвало появление ряда новых высокочастотных электронных приборов. В 1921 году сотрудник корпорации «General Electric» **Альберт Халл** выдвинул идею генераторной радиолампы сверхвысокой частоты (СВЧ) – **магнетрона**. В 1924 чешский физик **Август Жачек** обнаружил возможность генерации магнетроном дециметровых волн (100 МГц – 1 ГГц).

Принцип работы магнетрона основан на взаимодействии потока электронов с магнитным полем. Благодаря наличию поля траектория испускаемых катодом электронов изменяется таким образом, что покинувший катод электрон не сразу достигает анода. В рабочей области магнетрона образуется «электронное облако», которое вращается вокруг катода, причем, пролетая мимо резонаторов, электроны создают сильное СВЧ поле в полостях резонаторов. В одну из таких полостей помещается петля, посредством которой энергия СВЧ поля выводится наружу.

В 1940 году британские физики **Джон Рэндалл** и **Гарри Бут** изобрели **резонансный магнетрон**, излучающий более мощные импульсы. Это изобретение, а также создание таких радиоламп, как **клистрон** (1938 год, **Р. и С. Варианы**, США) и **лампа бегущей волны** (1943, **Р. Компфнер**, Великобритания) позволили разработать радары сантиметрового диапазона, имеющие меньшие размеры и лучшее разрешение по сравнению с существующими.

Помимо использования в системах радиолокации и радионавигации, магнетроны нашли еще одно неожиданное, но очень важное применение. Однажды американский инженер **Перси Спенсер**, проводивший опыты над магнетронами, обратил внимание, что лежащий вблизи магнетрона бутерброд нагревался, а если в кармане оказывалась шоколадка, то она таяла. После установки магнетрона в металлический короб получилась всем известная **микроволновая печь**, которая с 1947 года стала производиться в США.



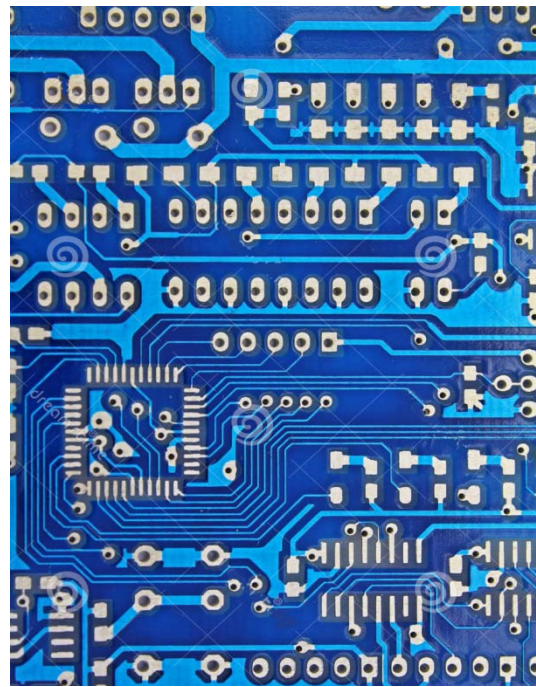
Устройство магнетрона



Перси Лебарон Спенсер (1894–1970)



Пауль Эйслер (1907–1992)



Печатная плата

Разобрав любое современное электронное устройство, вы обнаружите в нем одну или несколько **печатных плат** – пластин из электроизоляционного материала (чаще всего – стеклотекстолита), на поверхность которого нанесены печатные проводники с контактными площадками для пайки микросхем и других электрорадиоэлементов.

В 1902 году немецкий инженер **Альберт Хансон** подал патентную заявку на устройство, считающееся прототипом всех известных сегодня видов печатных плат. Плата Хансена представляла собой совокупность печатных проводников, вырезанных из медной фольги и наклеенных на диэлектрик – бумагу, пропитанную парафином. С целью повышения плотности размещения проводников Хансен наклеивал фольгу с обеих сторон и использовал проходящие через плату соединительные отверстия, создавая **двустороннюю печатную плату**. Химические технологии нанесения проводников в 1904 году предлагал применять американский изобретатель **Т. А. Эдисон**.

В 1913 году англичанин **Артур Берри** изобрел **субтрактивный метод** изготовления печатных плат. Берри предложил покрывать проводящую основу слоем резистного материала и травлением убирать ненужные участки фольги, оставляя лишь необходимые по схеме проводники. В 1922 году американец **Эллис Бассит** разработал методику использования светочувствительных материалов (**фото-резистов**) при производстве печатных плат.

Массовое внедрение печатного монтажа в промышленность началось в Великобритании с 1936 года благодаря работам **Пауля Эйслера**, инженера австрийского происхождения, применявшего платы в создаваемых им радиоприемниках. Эйслер отработал технологию гальванического осаждения медной фольги и ее **травления хлорным железом** и основал предприятие по серийному изготовлению печатных плат – Technograph Printed Circuits.

1 июля 1948 года в газете «Нью-Йорк таймс» рядом с объявлением о времени трансляции передачи «В ритме вальса» была напечатана короткая заметка. В ней сообщалось об изобретении **транзистора**, «... который может найти применение в радиотехнике вместо вакуумных ламп». Хотя это изобретение во многом определило развитие человечества, в то время мало кто мог оценить его.



Уильям Брэдфорд Шокли  
(1910–1989)

Предпосылкой изобретения транзистора стали исследования в области полупроводниковой электроники. Еще в 1833 году Майкл Фарадей провёл первые эксперименты с полупроводниковым материалом – сульфидом серебра, в 1874 году Карл Браун обнаружил явление односторонней проводимости контакта металл-полупроводник, в 1906 году Гринлиф Пиккард изобретает точечный полупроводниковый диод-детектор.

Но настоящего прорыва удалось добиться группе физиков из американской фирмы «**Bell Telephone Laboratorie**». Днем рождения транзистора стала дата 23 декабря 1947 года, когда **Джон Бардин** и **Уолтер Браттейн** представили новый полупроводниковый прибор. Название предложил Джон Пирс, объединив слова

«transfer» – передача и «varistor» – сопротивление, проводимость которого зависит от приложенного напряжения.

Основой первого транзистора был германиевый кристалл, припаянный к металлическому диску. К кристаллу были прижаты на расстоянии 0,1 мм кончики двух тонких полосок золотой фольги, а третий металлический контакт, соединенный с базой металл-германий, был заземлен.

У. Браттейн продемонстрировал коллегам транзисторный усилитель звуковых частот с пятнадцатикратным усилением по напряжению. На более высокой частоте 10 МГц усиление составило 20 дБ (10 раз) при выходной мощности 25 мВт. 24 декабря был представлен первый транзисторный генератор.



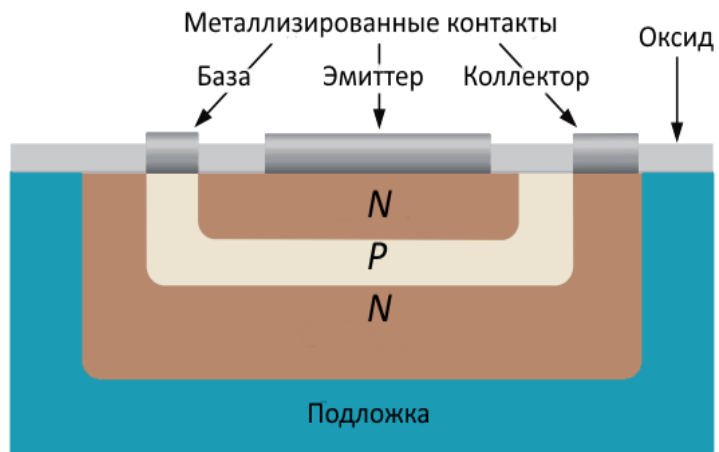
Первый транзистор  
(1947)

К исследованиям Бардина и Браттейна подключился **Уильям Шокли**, в 1951 году продемонстрировал первый **плоскостной  $n-p-n$  транзистор**, представлявший собой трехслойный германиевый «сендвич» толщиной около 1 см, заключенный в металлический корпус.

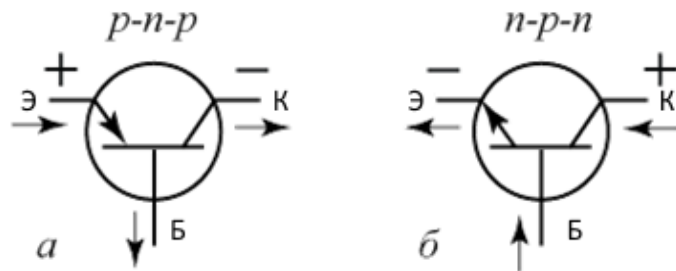
Слой полупроводника  $p$ -типа (с преобладанием дырок в качестве носителей заряда) был зажат между двумя слоями полупроводников  $n$ -типа (с преобладанием электронов). К слоям полупроводника подключались выводы транзистора, получившие названия **эмиттер**, **база** и **коллектор** (существуют также транзисторы  $p-n-p$ -типа, у которых слои полупроводника располагаются в противоположном порядке). Плоскостной транзистор Шокли обладал улучшенными характеристиками по сравнению с точечным транзистором Бардина и Браттейна и быстро завоевал рынок.

За изобретение транзистора Шокли Бардин и Браттейн были в 1956 году удостоены Нобелевской премии по физике (Бардин в 1972 году повторно – за исследования в области сверхпроводимости).

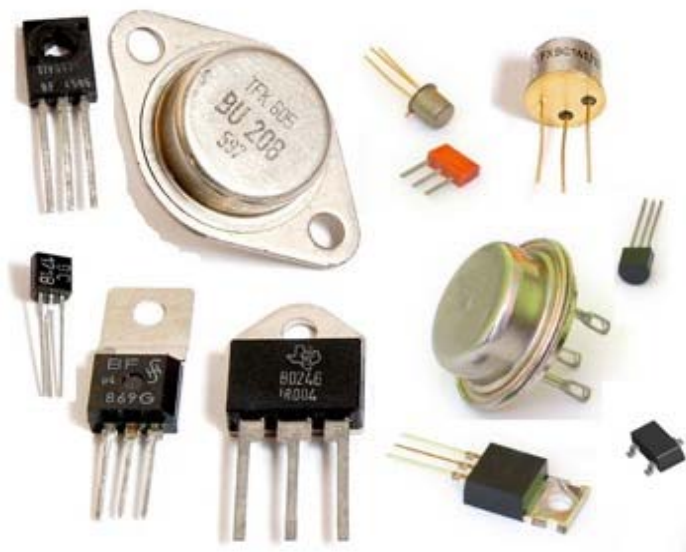
В 1954 году инженер компании Texas Instruments **Гордон Тил** изготовил транзистор из **кремниев**ого кристалла вместо германиевого, что позволило существенно удешевить производство и внедрить транзисторные технологии в быт (уже в ноябре 1954 года на рынке появился первый карманный радиоприемник, быстро ставший одним из самых популярных товаров).



Структура биполярного  $n-p-n$  транзистора



Схемные обозначения  $p-n-p$  (а) и  $n-p-n$  (б) транзисторов



Современные транзисторы

Одним из первооткрывателей физических эффектов, положенных в основу транзисторных технологий и микроэлектроники, несомненно, является выдающийся украинский ученый **В. Е. Лашкарев**.

Лашкарев родился 7 октября 1903 года в Киеве. В 1924 году окончил Киевский институт народного образования. В 1924–1927 годах – аспирант, преподаватель Киевской научно-исследовательской кафедры физики. С 1928 года работал в Ленинградском физико-техническом институте. В 1933 году опубликовал монографию «Дифракция электронов». По результатам исследований в 1935 году ему без защиты диссертации присудили учёную степень доктора физико-математических наук.

В феврале 1935 года был арестован за «участие в контрреволюционной группе мистического толка» и осужден на пять лет ссылки в Архангельск (реабилитирован 15 июля 1957 года). С 1939 года – заведующий отделом полупроводников Института физики АН УССР.

В 1941 году Лашкарев публикует статьи «Исследование запирающих слоев методом термозонда» и «Влияние примесей на вентильный фотоэффект в закиси меди», в которых отмечает, что обе стороны «запорного слоя», расположенного параллельно границе раздела медь – закись меди, имеют противоположные знаки носителей тока и образуют ***p-n-переход*** – основу современных полупроводниковых приборов. В. Е. Лашкарев раскрыл также механизм инжекции – важнейшего явления, на основе которого действуют полупроводниковые диоды и транзисторы. В 1946 году открыл биполярную диффузию неравновесных носителей тока, а в 1948 году построил общую теорию фотоЭДС (электродвижущая сила) в полупроводниках. Под руководством В. Е. Лашкарева в начале 1950 года в Институте физики АН Украины было организовано производство точечных транзисторов. В 1945 году избран академиком АН УССР. К сожалению, существовавший тогда «железный занавес» сыграл свою роль в том, что идеи Лашкарева не получили достойного признания за рубежом (Нобелевскую премию за изобретение транзистора получили в 1956 году Д. Бардин, У. Браттейн и У. Шокли).

В 1944–1952 годах одновременно с работой в Институте физики заведовал кафедрой физики, а в 1952–1956 годах – вновь созданной кафедрой физики полупроводников Киевского университета. С 1956 года – главный редактор основанного в том же году «Украинского физического журнала». В 1960 году по инициативе Лашкарева в Киеве был организован **Институте полупроводников АН УССР**, первым директором которого стал академик Лашкарев (в 2002 году институту присвоено имя В. Е. Лашкарева).



**Вадим Евгеньевич Лашкарев  
(1903–1974)**



Помимо управляемых током биполярных транзисторов, в современных электронных устройствах широко применяются полупроводниковые приборы, управляемые полем (величиной приложенного напряжения) – **полевые транзисторы**. Впервые идея регулировки потока основных носителей электрическим полем в транзисторе была предложена немецким физиком украинского происхождения **Юлиусом Лиlienфельдом** в 1926–1928 годах.

Уроженец Львова, Лиlienфельд получил образование в учебных заведениях Львова и Берлина.

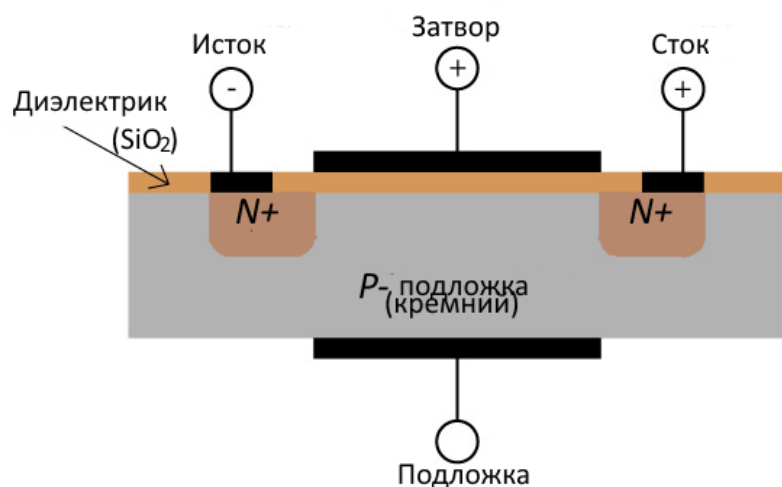
По результатам работ в университетах Германии и США запатентовал в 1928 году усилительный элемент, состоящий из слоёв металла и полупроводника – сульфида меди и фактически представляющий собой полевой транзистор. Получить работоспособный прибор, однако, Лиlienфельд не смог ввиду недостаточного в то время развития физики полупроводников.

В 1959 году сотрудники американской фирмы «Bell Labs» египтянин **Мартин Аталла** и кореец **Дэвон Канг** представили технологию выращивания элементов полевых транзисторов из диоксида кремния и одновременно новый вариант полевого транзистора – **МОП-транзистор** (от слов «металл-оксид-полупроводник»), а в 1963 году **Фрэнк Вонласс** предложил комплементарную МОП-схемотехнику (**КМОП**).

Низкое энергопотребление и небольшая площадь, занимаемая на кристалле, сделали МОП-технологию перспективной при производстве появившихся в 1960-х годах интегральных схем, и уже в 1962 году американская компания RCA изготовила первую опытную **МОП-микросхему** с шестнадцатью транзисторами. В 1970-е годы МОП-структуры завоевали рынки микросхем памяти и микропроцессоров, и в начале XXI века доля КМОП-микросхем достигла 99 % от общего числа выпускаемых интегральных схем.

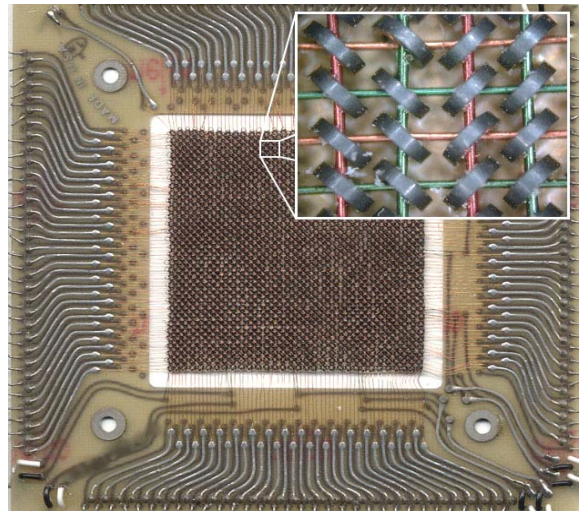


Юлиус Эдгар Лиlienфельд  
(1882–1963)



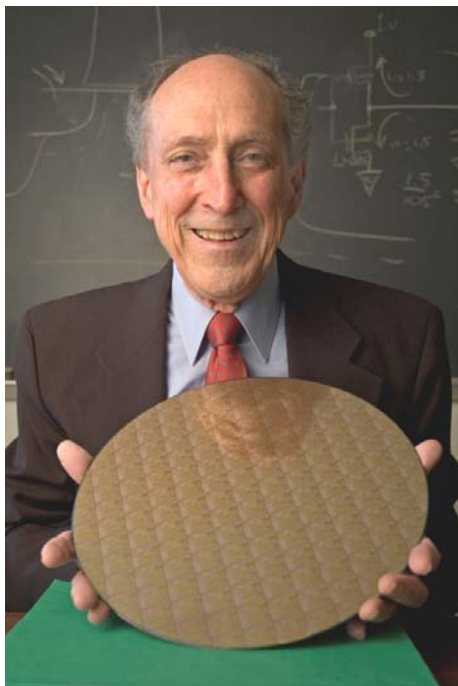
Структура МОП-транзистора

Сегодня невозможно представить компьютер без блока для хранения данных – **запоминающего устройства (ЗУ) или памяти**. Уже в британском компьютере «Colossus» (1943) и американском ЭНИАК (1945) использовалась память на ламповых триггерных ячейках (**статическая оперативная память** на полупроводниковых триггерах используется и сейчас, преимущественно для организации быстродействующей регистровой и кэш-памяти). С целью снижения присущего триггерным ЗУ высокого энергопотребления были разработаны элементы памяти на электронно-лучевых трубках (**Фредерик Уильямс и Томас Килберн**, ЭВМ Manchester SSEM, 1948 год, 32 32-битных слова) и ртутных линиях задержки (**Джон Экерт**, EDSAC, Великобритания, 1949, 1024 17-битных слова).



**Матрица ферритовой памяти на 4096 бит (1964)**

В 1950-х – 1970-х годах широкое распространение получила изобретенная в 1949 году (авторы – **Ванг Ан**, Гарвардский университет и **Джей Форрестер**, Массачусетский технологический институт) **память на магнитных сердечниках** или **ферритовая память**, хранящая информацию в виде направления намагниченности ферритовых сердечников. Впервые такая память объемом 2048 16-разрядных слов была применена в машине Whirlwind-1 (США, 1953).



**Роберт Деннард**  
(р. 1932)

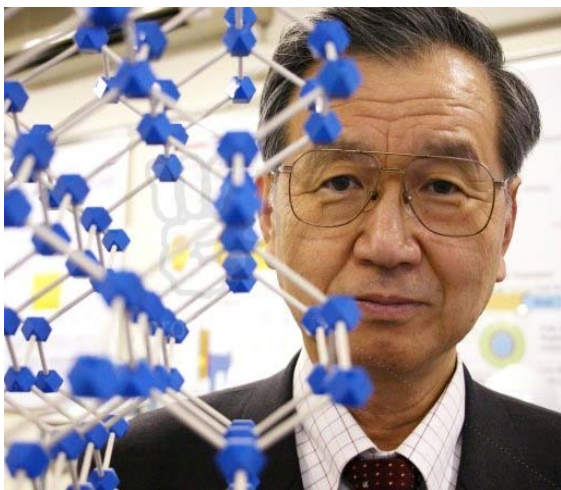
Появление персональных компьютеров потребовало и новых типов ЗУ. В 1968 году сотрудник фирмы IBM **Роберт Деннард** получил патент на ячейку памяти, содержащую полевой транзистор и конденсатор, наличие заряда в котором и определяло состояние бита данных. Поскольку заряд необходимо часто восстанавливать, такая память получила название «**динамической оперативной памяти**» – DRAM (англ. *dynamic random access memory* – динамическая память с произвольным доступом). Уже в 1970 году фирма Intel выпустила микросхему DRAM на 1024 бита, а сегодня DRAM и ее более совершенные разновидности – синхронная динамическая память **SDRAM** (фирма Samsung, 1993) и синхронная динамическая память с удвоенной скоростью передачи данных **DDR SDRAM** (1996) стали основными типами компьютерной памяти (все шире используется также **магниторезистивная память**).

Помимо энергозависимой оперативной памяти, предназначенной для хранения часто изменяемых данных, современные цифровые устройства содержат и энергонезависимые **постоянные запоминающие устройства (ПЗУ)**, (англ. – *ROM, Read-Only Memory*, память только для чтения), применяемые для хранения неизменной информации.

В ЭВМ первого поколения применялись ПЗУ на основе потенциалоскопов, моноскопов, лучевых ламп. С 1950-х годов использовались ПЗУ на ферритовых кольцах, у которых логическое состояние ячейки задавалось направлением навивки провода, охватывающего кольцо. Тогда же и появился термин «прошивка» – для протяжки провода через ферритовые кольца применялись металлические иглы, аналогичные швейным. Однако никакие виды магнитной памяти, в частности, разработанные в 1960-х годах сотрудником Bell Labs **Эндрю Бобеком**, **твисторная память** и **пузырьковая память на магнитных доменах** не смогли конкурировать с полупроводниковыми ЗУ.

Сначала появились **масочные ПЗУ**, в которые информация заносилась при изготовлении, затем – **программируемые ПЗУ (ППЗУ)**, (англ. *PROM*), изобретенные в 1956 году сотрудником корпорации American Bosch Arma **Вэн Цинг Чоу**, в которые данные записывались путем подачи электрических импульсов и пережигания перемычек на кристалле.

Недостатком ППЗУ была невозможность повторного занесения информации, поэтому востребованными оказались изобретенные в 1971 году инженером фирмы Intel **Довом Фроманом** **репрограммируемые ПЗУ (РППЗУ)**, (англ. *EPROM*), основным компонентом которых явились МОП-транзисторы с плавающим затвором.



Фудзи Масуока (р. 1943)



РППЗУ с УФ-стиранием 2К×8

Запись информации в EPROM осуществлялась импульсами тока, стирание – путем облучения ультрафиолетовым излучением через прозрачное окошко.

В 1978 году та же фирма Intel представила ИС **EEPROM** – электрически стираемое ПЗУ, более удобное в эксплуатации. Наиболее популярной на сегодня разновидностью EEPROM является компактная и недорогая **флеш-память**, изобретенная инженером компании Toshiba **Фудзи Масуокой** в 1984 году. Название открытию дал его коллега Сёдзи Ариидзуми, которому процесс стирания информации напомнил фотовспышку (англ. *Flash*).

Начиная с появления первых компьютеров, их создатели активно совершенствуют технологии **хранения накопленных данных**. Уже в первых механических и электромеханических вычислителях использовались устройства хранения информации на **перфокартах** и **перфолентах**.

Более совершенными оказались магнитные накопители, в частности накопители на **магнитных барабанах**, изобретенные в 1932 году австрийским инженером **Густавом Таушеком** (также автором первой системы оптического распознавания текста). Магнитный барабан представлял собой покрытый ферромагнетиком цилиндр, вокруг которого располагался ряд считывающих головок. Барабанный накопитель компьютера Манчестерский Марк I (1949 год) мог хранить 4 096 40-битных слов.



Дисковый накопитель  
IBM 350 (1956)

Наряду с барабанами в компьютерах первого поколения применялись накопители на **магнитных лентах**. Так, в одном из первых серийных компьютеров «UNIVAC 1» (1951 год) в качестве носителя информации использовалась **магнитная лента** – тонкая полоска никелированной бронзы шириной 12,65 мм. Одна лента вмещала 1 440 000 шестибитных символов.

В ЭВМ второго поколения появились более ёмкие и скоростные **жесткие диски** (англ. *HDD, Hard disk drive*). В 1956 году компания IBM выпустила в составе компьютера IBM305 RAMAC **дисковый накопитель IBM350**. HDD объемом 5 Мбайт включал 50 магнитных дисков диаметром 24 дюйма.

В 1973 году IBM представляет жесткий диск IBM 3340, впервые объединивший в герметичном корпусе пластины диска и считывающие головки. Таких пластин в IBM 3340 было две, объем каждой составлял 30 Мбайт. В маркировке жесткого диска обычно указывалось «30-30», что вызывало ассоциации с легендарной винтовкой Winchester 30/30. Вскоре название «**винчестер**» закрепилось за IBM 3340, а затем – и за другими жесткими дисками

Дальнейшее развитие технологии HDD неразрывно связано с именем американского ученого украинского происхождения **Любомира Романкива**. Романкив родился в 1931 году в г. Жолква (ныне – Львовская область, Украина). В период работы в исследовательском центре IBM, начиная с 1969 года, получил более 60 патентов на **индуктивные и магниторезистивные головки** для магнитной записи, что позволило повысить плотность записи информации на диск и обеспечить применение HDD в персональных компьютерах. В 1980 году компания Seagate, возглавляемая **Аланом Шугартом**, выпустила первый «винчестер» для ПК диаметром 5,25 дюйма и объемом 5 Мбайт.

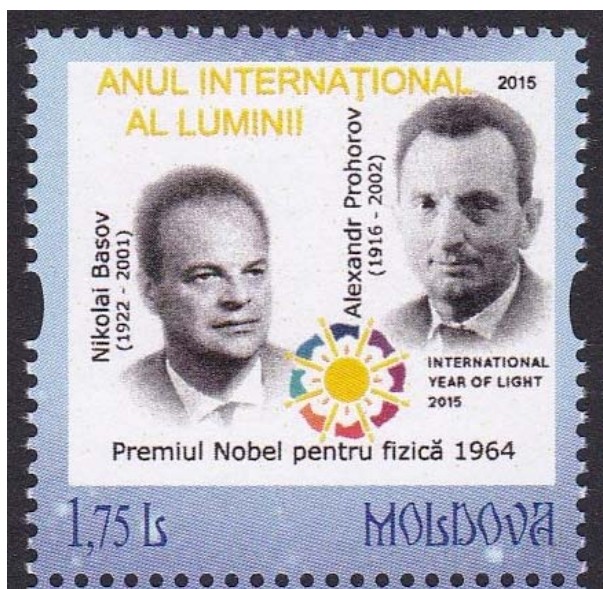
Идея создания генератора мощного электромагнитного, в частности, светового излучения высказывалась в научной и популярной литературе в течение многих лет, этой теме посвящен, в частности, роман А. Н. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина». Реальные же очертания работы по созданию такого генератора обрели в 1950-х годах.



Чарльз Хард Таунс  
(1915–2015)

В 1954 году профессор Колумбийского университета (Нью Йорк, США) **Чарльз Таунс** продемонстрировал прибор, усиливающий микроволновые колебания с помощью явления вынужденного излучения, открытого **Альбертом Эйнштейном** еще в 1917 году. Прибор получил название **мазер** (англ. *maser*, сокр. от *microwave amplification by stimulated emission of radiation* – усиление микроволн посредством вынужденного излучения) – и стал родоначальником **квантовой электроники**.

В 1960 году американский физик **Теодор Майман** разработал **оптический квантовый генератор** на основе кристалла искусственного рубина – **лазер** (название произошло путем замены *microwave* на *light* – свет). В том же году исследователи из «Bell Labs» продемонстрировали первый в мире **газовый лазер** на смеси гелия и неона.



Николай Геннадиевич Басов  
(1922–2001)

Александр Михайлович  
Прохоров (1916–2002)

Практически одновременно и независимо от Таунса советские физики **Н. Г. Басов** и **А. М. Прохоров** создали мазер на молекулах аммиака. Впоследствии Басов разработал ряд **полупроводниковых лазеров**, а Прохоров – мощный газодинамический лазер. За создание квантовых генераторов Таунсу, Басову и Прохорову присуждена Нобелевская премия по физике (1964).

Изобретение лазера положило начало таким отраслям техники, как оптоволоконная связь, лазерная локация, оптическая запись информации (CD-, DVD-, голография). Применение лазеров явилось основой технологии производства интегральных схем, устройств отображения информации, ряда диагностических и терапевтических методов в медицине.

Развитие вычислительной техники и ее внедрение в различные отрасли науки и техники породили потребность в разработке недорогого и надежного **сменного носителя** для хранения и переноса компьютерных программ и данных.



### Поколения гибких магнитных дисков (8, 5¼ и 3½ дюйма)

В 1967 году группа инженеров компании **IBM** под руководством **Алана Шугарта** приступила к решению этой задачи, и в 1971 году был представлен **гибкий магнитный диск** (дискета, флоппи-диск) емкостью 80 Кбайт. Первые дискеты представляли собой гибкие пластиковые диски диаметром 8 дюймов, покрытые оксидом железа и помещенные в защитную оболочку, предложенную коллегой Шугарта **Дэвидом Ноблем**.

В 1976 году на рынке появились **мини флоппи-диски** диаметром 5,25 дюйма, представленные основанной Шугартом компанией **Shugart Associates** (считается, что размер был выбран в соответствии с размером салфеток, которыми пользовались разработчики при обсуждении проекта в одном из бостонских баров). В 1981 году еще более миниатюрные дискеты диаметром 3½ дюйма разработала компания Sony. Первые версии дискет имели ёмкость 720 Кбайт, впоследствии этот показатель довели до 1,44 Мбайта.

Технология оптической записи на основе лазера была впервые разработана в 1969 году компанией Philips (система видеозаписи **Laserdisc**). Другая оптико-цифровая система записи информации была запатентована в 1970 году американцем **Джеймсом Расселом**, который нашёл способ записи на жёсткий фоточувствительный диск данных в виде светлых и тёмных точек диаметром один микрон.

Более успешным оказался формат **Compact Disc (CD)**, представленный в 1982 году фирмами **Sony** и **Philips**. CD представлял собой покрытый тонким слоем металла диск из поликарбоната диаметром 120 мм. Информация на диск записывалась в виде дорожки из углублений, выдавленных в поликарбонатной основе. Объем компакт-диска составлял 650 Мбайт, что эквивалентно 74 минутам аудиозаписи (существует версия, что объем диска выбирался таким образом, чтобы на нем поместилась Симфония Бетховена № 9).

Первоначально информация на диски записывалась при изготовлении, но в 1988 году фирмы Sony и Philips представили стандарт **CD-R (Compact Disc-Recordable)**, позволяющий пользователю самостоятельно записывать данные на диск. В 1997 году появились диски **CD-RW (Compact Disc-ReWritable)**, обеспечивающие многократную запись данных на диск. В 1996 году был представлен формат **DVD**, обеспечивающий более высокую плотность записи, а в 2006 – формат **Blu-ray** для записи видео высокой четкости.

Распространение в первой половине XX века мощных электродвигателей, тепловых и осветительных приборов породило потребность в появлении устройств регулировки и коммутации значительных токов и напряжений. Существовавшие к этому времени газоразрядные коммутаторы тока – **тиратроны** и управляемые **ртутные выпрямители** не обладали требуемыми характеристиками. Поэтому были предприняты интенсивные попытки разработки полупроводниковых силовых преобразователей, увенчавшиеся изобретением полупроводникового прибора с двумя устойчивыми состояниями – **тиристора**.

Идею управляемого кремниевого выпрямителя высказал в 1950 году один из изобретателей транзистора **Уильям Шокли**. Теоретические основы четырехслойного полупроводникового *p-n-p-n*-прибора были созданы в 1952 году сотрудником фирмы «Bell Labs» **Джуэлом Эберсом**. Пригодный же для коммерческого применения тиристор разработал инженер корпорации «General Electric» **Фрэнк Гутцвиллер** в 1958 году. Первым практическим применением тиристора Гутцвиллера стало плавное регулирование скорости вращения электродрели и уровня накала лампочки.

Тиристор можно рассматривать как электронный выключатель, включаемый сигналом, подаваемым на управляющий электрод (для триодного тиристора, или **тринистора**), или напряжением, приложенным между анодом и катодом (для диодного тиристора, или **динистора**). Закрываются тиристоры, когда протекающий через них ток становится меньше тока удержания, обычно в конце полуволны сетевого



**Фрэнк Уильям «Билл» Гутцвиллер (1926–2011)**

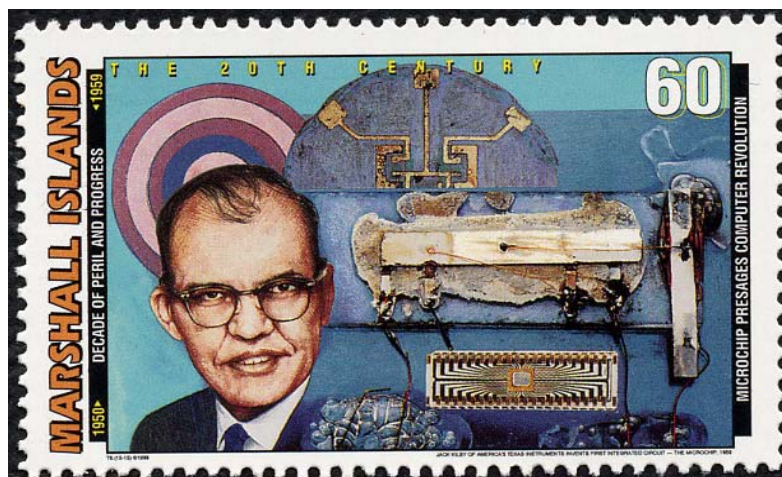
напряжения. Разновидность тиристора, включаемая при любой полярности напряжения, называется **симистором**.

Сегодня тиристоры применяются в схемах регулируемых выпрямителей и преобразователей частоты, системах управления электроприводами, в сварочных аппаратах, генераторах индукционного нагрева металлов и сушки различных материалов, электронном зажигании. Современные тиристоры обеспечивают коммутацию токов до 10 кА и напряжений до нескольких киловольт.



**Современные тиристоры**

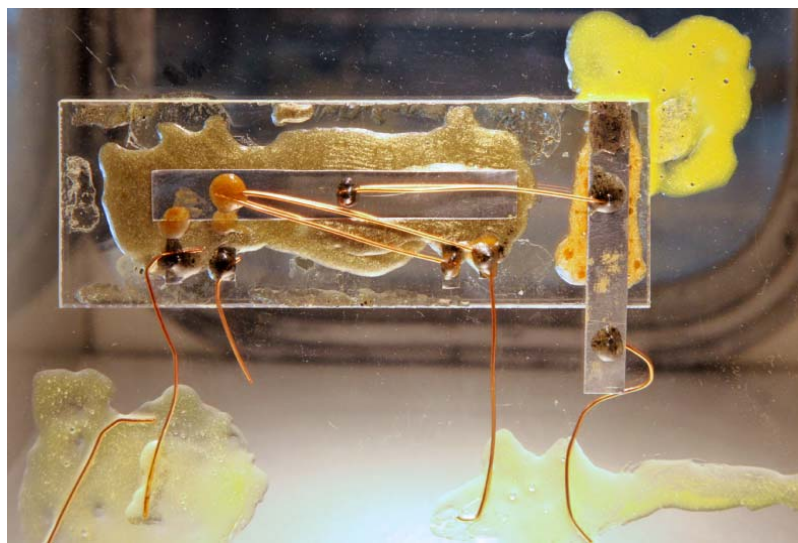
Отцом современной микроэлектроники с полным основанием может быть назван американский инженер **Джек Килби**, изобретатель **интегральной схемы (ИС)**. В 1958 году в период работы в компании Texas Instruments Килби разработал технологию изготовления на кристалле германия элементов (резисторов, транзисторов, конденсаторов) и межэлементных связей из того же полупроводникового материала и соединения их на и той же пластине.



Джек Сен-Клер Килби  
(1923–2005)

12 сентября 1958 года Килби представил первую ИС – генератор колебаний с распределённой RC-цепочкой обратной связи, а уже 19 сентября изготовил вторую микросхему – двухтранзисторный триггер. Описание обеих схем вошли в патентную заявку Килби (патент США 3138743).

Первая в мире интегральная схема Килби представляла собой тонкую германиевую пластинку длиной 1 см. Пять компонентов схемы были изолированы друг от друга благодаря своей форме в виде букв U, L и т. п., а соединялись крошечными проволочками. Вся конструкция скреплялась пчелиным воском, однако, схема работала.



Первая интегральная схема  
(1958)

Серийный выпуск интегральных схем был налажен в 1961 году, тогда же фирмой «Texas Instruments» по заказу ВВС США была

создана первая экспериментальная ЭВМ на 587 интегральных схемах. Тактовая частота ЭВМ составляла 100 КГц, емкость ЗУ – 30 чисел, потребляемая мощность – 16 Вт, вес – всего 585 грамм, занимаемый объем – 100 кубических сантиметров.

В 1967 году Килби разработал первый в мире **карманный микрокалькулятор «Покетроник»**, показав потенциал применения интегральных схем в потребительских товарах, изобрел и внедрил технологию термопечати. В 2000 году награжден Нобелевской премией в области физики.



Микросхемы Килби обладали рядом недостатков, главным из которых был трудоемкий процесс впаивания тончайших проводников, которое производилось под микроскопом вручную. Перейти к более эффективным технологиям позволили разработки бывших сотрудников изобретателя транзистора У. Шокли, образовавших в 1957 году фирму Fairchild Semiconductors.

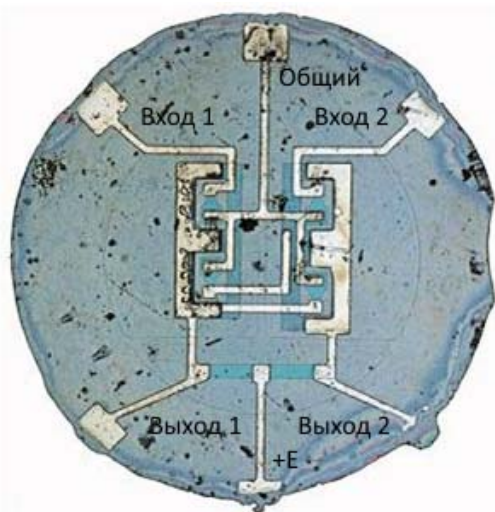
Уже в конце 1958 года **Жан Эрн** разработал планарный процесс, основанный на изоляции полупроводниковых элементов тонкими слоями двуоксида кремния. А в 1959 году сотрудник Fairchild **Роберт Нойс** изготовил микросхему, в которой элементы разделялись *p-n*-переходами, а соединения осуществлялись напылением частичек металла в бороздки на поверхности кристалла кремния. Эта технология используется до сих пор, а Р. Нойс по праву считается соавтором в изобретении микросхемы (судами было установлено, что Нойс получил патент на ИС первым, в 1961 году, но Килби является автором работающей микросхемы).

В 1968 году Р. Нойс и его коллега **Гордон Мур** основали корпорацию Intel. Спустя два года они создали Intel 1103 – первую микросхему динамического ОЗУ, производимую в коммерческих масштабах. Нойс также был руководителем проекта Intel по созданию первого микропроцессора (1971).

Сегодня сверхбольшие интегральные схемы (СБИС, англ. *Very-large-scale integration, VLSI*) – основная элементная база радиоэлектроники и вычислительной техники. Они выполняются по технологиям с разрешением 10 нанометров и менее, содержат миллиарды транзисторов на кристалле.



Роберт Нортон Нойс  
(1927–1990)



Микросхема Р. Нойса (1959)



Современная СБИС

В 1907 году сотрудник лаборатории Маркони (Великобритания) **Генри Раунд** открыл явление **электролюминесценции** кристаллов карбида кремния – желтого, зеленого и оранжевого свечения на катоде при пропускании через кристалл электрического тока.

Советский ученый **Олег Лосев** в 1923–1927 годах опубликовал результаты теоретических и экспериментальных исследований электролюминесценции полупроводников и запатентовал полупроводниковый **светодиод** (англ. *light-emitting diode, LED*) под названием «Световое реле». К сожалению, работы Лосева не получили дальнейшего развития.

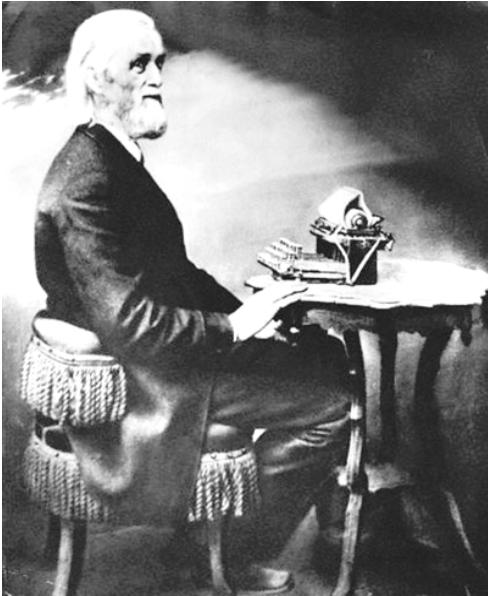
В 1955 году **Рубин Браунштейн** из «Radio Corporation of America» заявил о способности арсенида галлия испускать инфракрасное излучение, а уже в 1961 году сотрудники «Texas Instruments» **Джеймс Роберт Байард** и **Гари Питтман** запатентовали технологию **инфракрасного светодиода**.

Отцом практически применимого **светодиода видимого спектра** справедливо называют американского ученого украинского происхождения **Ника Холоньяка** (родители Холоньяка, русины, эмигрировали в США из Закарпатья, ныне Украина). В 1962 году в период работы в компании «General Electric» Холоньяк изобретает красный полупроводниковый лазер, называемый также **лазерным диодом**, ныне используемый в CD- и DVD-проигрывателях и сотовых телефонах, а также арсенид-галлиевый **красный светодиод**. В 1972 году ученик Холоньяка **Джордж Крафорд** представил жёлтый светодиод и улучшил яркость светодиодов на порядок. В 1976 году инженер «Bell Labs» **Томас Пирсол** создал инфракрасный светодиод высокой яркости для передачи данных по волоконно-оптическим линиям связи.

В 1989 году **Исаму Акасаки** и **Хироси Амано** из университета Нагои (Япония) разработали синие светодиоды на основе нитрида галлия, а в 1993 году сотрудник японской компании «Nichia Chemical Industries» **Сюдзи Накамура** внедрил технологию их промышленного выращивания. Это открытие позволило создавать яркие, энергоэффективные и долговечные источники света и применять светодиоды в освещении помещений, световой рекламе, LED-телевизорах и дисплеях и многих других сферах. В 2014 году Акасаки, Амано и Накамура присуждена Нобелевская премия по физике.



Микола Миколайович Голоньяк  
(Ник Холоньяк) (р. 1928)



Кристофер Лэтем Шоулз  
(1819–1890)

Как бы мы сегодня ни использовали компьютер: работали, играли или просто общались в сети, мы не можем обойтись без **клавиатуры**, физической или виртуальной – на дисплеях смартфонов и планшетов. А первая попытка создания устройств буквенно-цифрового ввода информации относится к 1714 году, когда англичанин **Генри Милль** получил от королевы Англии Анны патент на «машину для выдавливания или переноса букв одна за другой». К сожалению, его изобретение не дошло до наших дней. Печатную машинку, которой начали пользоваться практически, впервые представил миру итальянец **Турри Пеллегрини** в 1808 году. Сохранились отпечатанные тексты, которые слепая подруга Пеллегрини, графиня Каролина Фантони де Фивиззоно направляла друзьям и близким.

Первая серийно выпускаемая пишущая машинка была создана в 1868 году американцем **К. Шоулзом** при содействии С. Соула, Ф. Холла и К. Глиддена. Первоначально клавиши машинки Шоулза располагались в алфавитном порядке, однако при быстрой печати рычаги цеплялись друг за друга. К 1878 году Шоулз разработал более удобную раскладку **QWERTY** (по буквам на первых шести клавишах), которой мы пользуемся и сегодня. Кириллическая раскладка **ЙЦУКЕН** была предложена в США в конце XIX века.

Первая электрическая пишущая машинка **Blickensderfer Electric** появилась в 1901 году, однако клавиша Return (с 1971 года – Enter), обеспечивающая автоматический возврат каретки была внедрена только в 1960 году одновременно с появлением более удобной и надежной емкостной клавиатуры.

Превращению печатной машинки в компьютерную клавиатуру способствовало изобретение телеграфной машины **Жана Бодо** (1872). В аппарате Бодо использовались пять клавиш, при помощи которых буквы преобразовывались в пятибитовый код, передаваемый в линию связи.

С появлением ЭВМ клавиатура стала одним из основных устройств ввода данных. Уже в компьютере **VINAC** (1948) для ввода информации использовалась электрическая пишущая машинка. Развитие с 1964 года многопользовательских операционных систем способствовало внедрению **видеотерминалов**, объединяющих клавиатуру и дисплей, а к 1987 году с вхождением в быт «персоналок» клавиатура приобрела современный вид.

Как и все элементы компьютера, клавиатура продолжает непрерывно совершенствоваться. Появились устройства на основе **герконов**, **датчиков Холла**, наиболее распространенные сегодня **резиномембранные** клавиатуры, **беспроводные радиочастотные**, **Bluetooth** и **инфракрасные** клавиатуры.

Внедрение компьютерной техники в различные отрасли быта, науки и производства вызвало интенсивные поиски удобных и дружественных устройств ввода информации. Ещё в 1946 году британский инженер **Ральф Бенджамин** сконструировал для Королевских ВМС первый **трекбол** на основе шара для боулинга – устройство для определения в реальном времени координат точки на радаре.

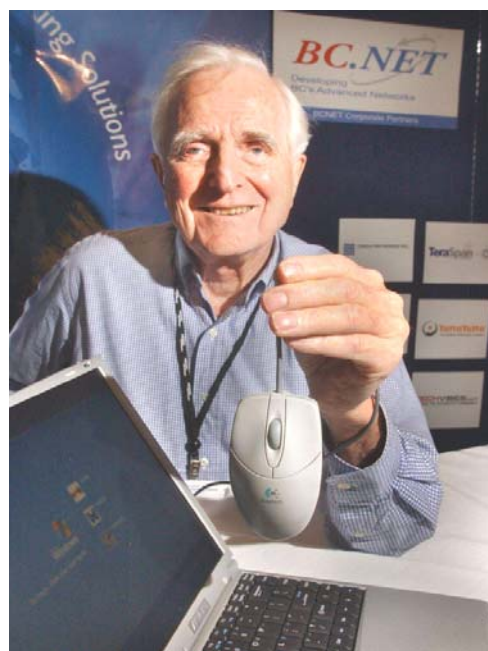
В начале 1960-х годов сотрудник научного центра ARC **Дуглас Энгельбарт** выполнял по заданию Космического агентства США NASA работы по созданию oN-Line System – операционной системы, обеспечивающей вывод изображения на экран, работу с **гипертекстом** и впервые в мире предполагающей реализацию **графического интерфейса пользователя**. Эти исследования привели к изобретению Энгельбертом **компьютерной мыши**. Первая мышь в деревянном корпусе была создана в 1964 году. Ее собрал **Билл Инглиш**, а программы для демонстрации возможностей написал **Джефф Рулифсон**. Внутри устройства находились два металлических диска: один поворачивался, когда устройством двигали вперед или назад, второй отвечал за движение вправо и влево. Любопытно, что NASA изобретение не оценило, так как для его работы требовалась отсутствующая в космосе гравитация.

9 декабря 1968 года Энгельбарт продемонстрировал модель компьютерной мыши, снабженную тремя кнопками. В 1970 году ученый запатентовал изобретение, назвав его «Индикатор X-Y положения для системы отображения». Тогда же Энгельбарт впервые употребил термин «мышь» – провод манипулятора напоминал изобретателю хвост настоящей мыши.

В 1973 году фирма Херох представила использующую шарик и ролики вместо дисков мышь стоимостью \$ 415 как часть персонального компьютера **Xerox Alto**. Первые беспроводные мыши были выпущены фирмой Logitech в 1984 году. В 1995 году появилась модель мыши с двумя кнопками и колесом прокрутки, упрощавшим работу с операционной системой Windows.



Первая компьютерная мышь (1964)

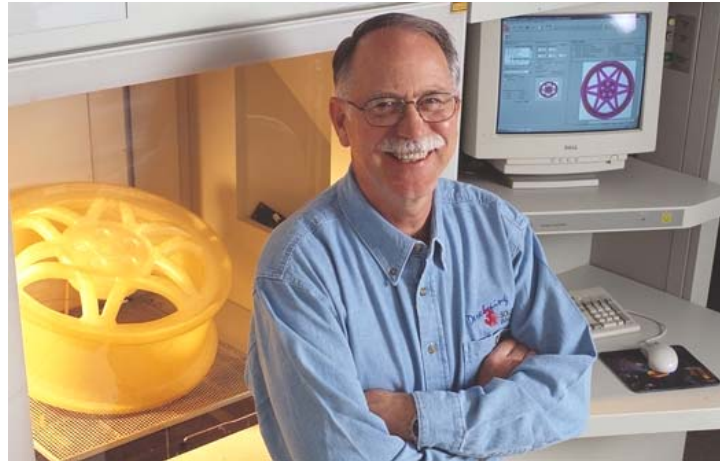


Дуглас Карл Энгельбарт  
(1925–2013)

С 1999 года распространение получают разработанные компанией **Microsoft оптические мыши** (**Стив Кирш** изобрел оптическую мышь еще в 1981 году, но она работала только при наличии специального коврика со штриховкой).

Практически одновременно с появлением первых вычислительных устройств возникла задача сохранения результатов расчетов на бумаге.

Разработка первого **печатающего устройства (принтера)** началась ещё в 1822 году, когда английский математик **Чарльз Бэббидж** изобрел так называемую разностную машину, в состав которой входило и устройство для печати навигационных, инженерных и финансовых таблиц. Принтер, состоявший из 4000 частей и весящий 2,5 тонны, удалось собрать по чертежам Бэббиджа, хранящимся в Лондонском музее науки, только в 2000 году.



Чарльз (Чак) Халл (р. 1939)

Первое в мире печатающее устройство для электронного компьютера UNIVAC, получившее название **UNIPRINTER**, разработала в 1953 году корпорация Remington-Rand. Основной деталью UNIPRINTERа был похожий на ромашку диск с нанесенными на концах «лепестков» символами, а его производительность составляла 600 строк в минуту (по 130 знаков на строку).

Более компактный и надежный **матричный принтер**, позволяющий к тому же печатать графические изображения, был представлен в 1964 году фирмой Seiko Epson Corporation. В отличие от лепестковых принтеров изображение формировалось из точек, наносимых на бумагу иглами через черную или цветную ленту. Наряду с матричными, в течение многих лет применялись **термопринтеры** и **струйные принтеры**, но наиболее широкое распространение получили **лазерные принтеры**. Технологические основы лазерной печати были заложены ещё в 1938 году, когда американский физик **Честер Карлсон** изобрёл **электрографический** метод копирования изображений, использующий статическое электричество для переноса тонера на бумагу. В 1969 году сотрудник фирмы Хerox **Гэри Старкуезер** предложил использовать механизм лазерной развёртки, превратив тем самым копир в принтер, а в 1975 году фирма IBM выпустила первый лазерный принтер.

Но настоящий переворот в технике печати произошёл в 1984 году, когда американец **Чарльз Халл** изобрел аппарат для **трехмерной (3D) печати** – его установка создавала объемные предметы из слоев жидкого фотополимера, которые твердели под воздействием ультрафиолетового излучения. Через два года Халл запатентовал технологию под названием **«стереолитографии»** и открыл компанию 3D Systems по выпуску 3D-принтеров. Несколько позже были предложены технологии **селективного лазерного спекания**, **послойной заливки полимера** и **струйной 3D-печати**, обеспечившие внедрение 3D-принтеров в различные отрасли промышленности, быта, медицины.

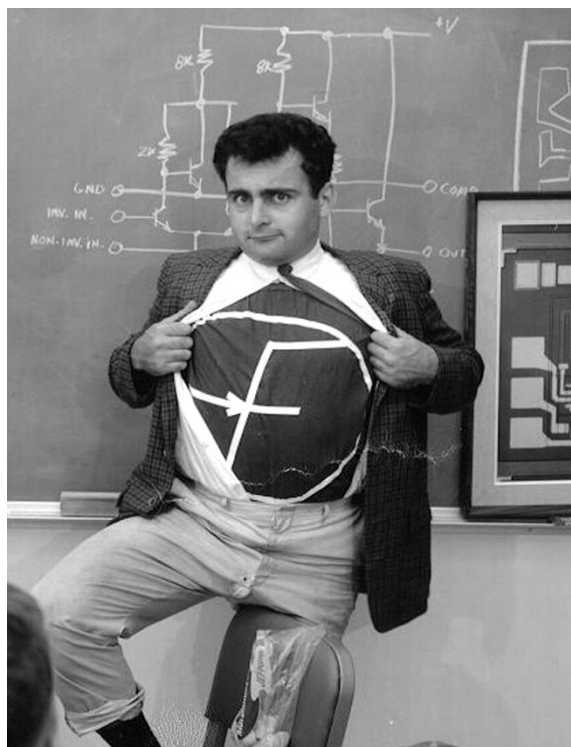
В современных радиоэлектронных устройствах, системах управления, бытовой и медицинской технике, наряду с цифровыми, широко применяются **аналоговые электронные элементы** – **операционные усилители (ОУ)**, компараторы, генераторы сигналов, фильтры, стабилизаторы тока и напряжения и многие другие.

Устройства для усиления электрических сигналов появились практически одновременно с изобретением Ли де Форестом радиолампы. Первоначально они отличались невысокими характеристиками, пока в 1927 году сотрудник американской фирмы Bell Labs **Гарольд Блэк** не предложил ввести в усилитель **отрицательную обратную связь (ООС)**, что обеспечило улучшение таких параметров схемы, как линейность и частотный диапазон. Введение ООС позволило разработать **операционный усилитель с дифференциальным входом**, первый практический образец которого на основе двух ламповых триодов был предложен в 1942 году в США **Лео-бом Джули** для выполнения математических операций в аналоговых вычислительных машинах.

На основе идей Джули в 1953 году компанией George A. Philbrick Researches, возглавляемой **Дж. Филбриком**, был выпущен первый коммерческий ламповый ОУ **K2-W** на двух двойных триодах, а в 1959 – разработанный сотрудником той же фирмы **Робертом Малтером** транзисторный ОУ.

Дальнейшее развитие аналоговой схемотехники невозможно представить без вклада американского изобретателя **Боба Видлара**. В 1963 году после службы в ВВС США Видлар поступил на работу в фирму «Fairchild», где возглавил отдел линейных интегральных схем и в первый же год работы спроектировал первый в мире **интегральный ОУ** –  $\mu A702$ . За последующие три года им были разработаны первый массовый интегральный ОУ  $\mu A709$  (1965), ОУ второго поколения LM101 (1967), первый **интегральный стабилизатор напряжения** LM100 (1966). Каждая из упомянутых микросхем была выпущена в мире тиражом от 10 до 100 млн штук. Видлар – изобретатель названных его именем источника стабильного тока (1964), источника образцового напряжения (1969) и выходного каскада усиления (1977).

Талант изобретателя и работоспособность Видлар сочетал с богемным образом жизни, злоупотреблением алкоголем и склонностью к экстравагантным поступкам. Так, однажды, будучи недовольным видом заросшей поляны, где он парковал свой автомобиль, Видлар купил овцу и пустил её «подстригать» газон. Не выносивший шума, Видлар установил в офисе сирену, издававшую резкий звук, если уровень шума превышал заданный порог.



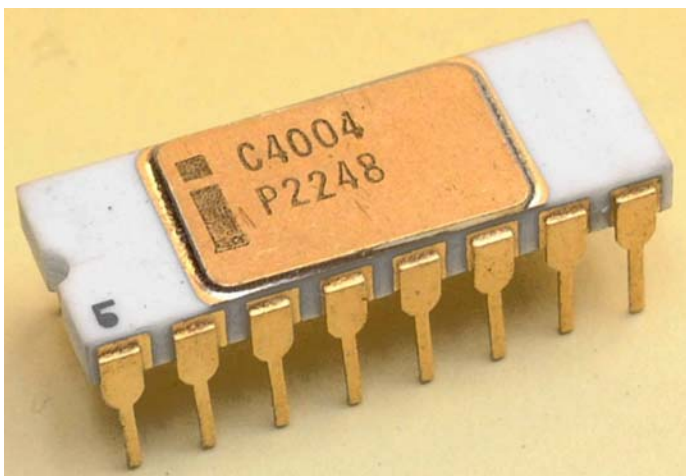
Роберт Джон (Боб)  
Видлар (1937–1991)

Выпускник Станфордского университета **М. Э. Хофф** поступил в фирму **Intel** в 1968 году, где и предложил новую концепцию ячейки памяти, для которой требовалось только три транзистора вместо четырех. В 1969 г. он приступил к работе над проектом по созданию набора из 12 микросхем для калькулятора по заказу японской фирмы **Busicom**.

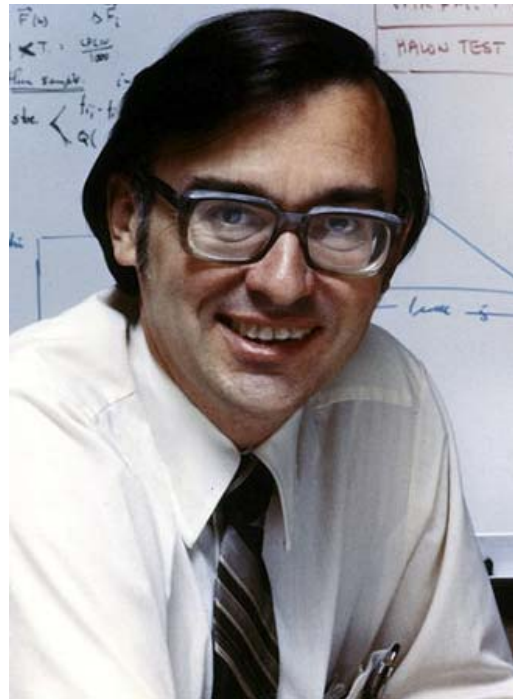
Хофф предложил сократить число интегральных микросхем с 12 до 4, включив постоянное запоминающее устройство 4001 объемом 2 килобайта для хранения программ, оперативное ЗУ 4002 объемом 320 байт для хранения данных, десятиразрядный порт ввода-вывода 4003 и, наконец, четырехразрядный **центральный процессор 4004**, выполнявший все функции центрального процессорного устройства универсального компьютера. Коллега Хоффа **Стэнли Мэйзор** разработал декодер команд, а **Федерико Фаджин** реализовал предложенную Хоффом архитектуру в кремнии.

Промышленный выпуск **Intel 4004** начался 15 ноября 1971 года. Эта микросхема считается первым в мире коммерчески доступным микропроцессором, содержащим все необходимое для работы: регистры, булеву логику, сумматор. Первый микропроцессор содержал 2300 транзисторов, имел разрядность 4 бита и работал на частоте 108 кГц, обеспечивая скорость вычислений 0.06 MIPS. Стоил процессор около 200 долларов.

В дальнейшем на основе идей Хоффа был разработан восьмибитный микропроцессор **8080**, который был установлен в таком популярном на то время компьютере, как **Altair 8800**, а затем и шестнадцатибитный **8086**, положивший начало линии



Микропроцессор Intel 4004 (1971)



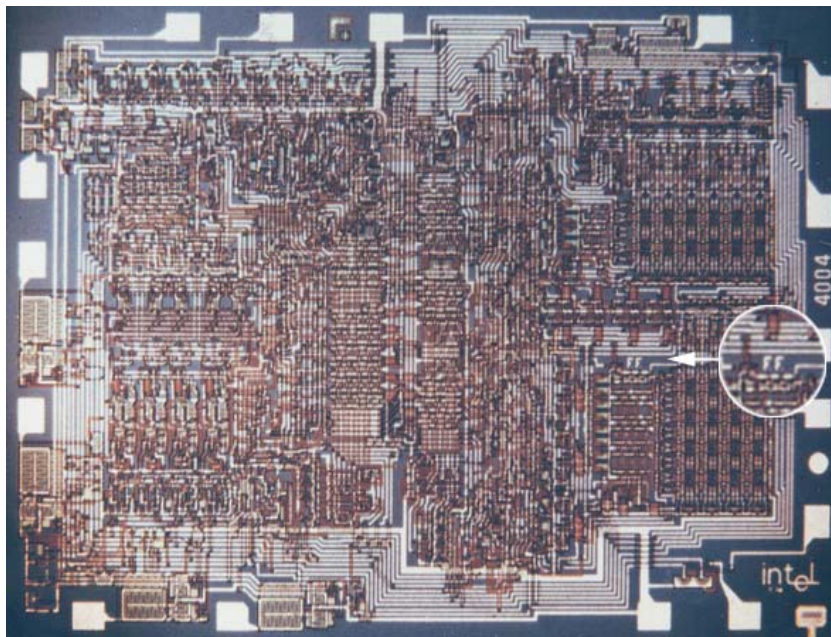
Маршиан Эдвард  
«Тед» Хофф (р. 1937)

80 × 86. Знаменитые персональные компьютеры IBM PC были построены на микропроцессорах этого семейства. Не менее известными стали интеловские процессоры **Pentium** и недорогая модель **Celeron**.

По опросу влиятельного журнала *Economist*, М. Э. Хофф входит в число семи выдающихся изобретателей XX века, а создание им микропроцессора журнал сравнил с изобретением книгопечатания Гуттенбергом.



Федерико Фаджин  
(р. 1941)



Топология микропроцессора Intel 4004  
(выделены нанесенные на кристалл  
инициалы Федерико Фаджина)

«Я не устаю поражаться тому влиянию, которое микропроцессор оказывает на общество, в особенности на то, как работают люди», – признается **Федерико Фаджин**, один из пионеров современной компьютерной эры.

Фаджин родился в Виченце, Италия в 1941 году и с 1960 года работал в итальянской компании **Olivetti**, где принимал участие в создании пробной версии небольшого компьютера. С 1968 года – в фирме **Fairchild Semiconductor** (Пало-Альто, США), где разработал технологию кремниевых МОП-структур с самосовмещённым затвором – основу всех современных **КМОП-микросхем**, а также спроектировал **Fairchild 3708** – первую коммерческую микросхему, изготовленную по этой технологии.

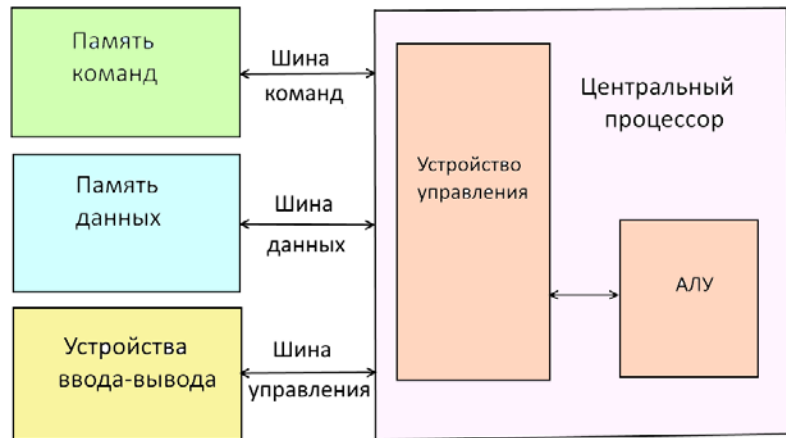
С 1970 года работает в компании Intel в качестве руководителя проекта семейства микросхем для калькуляторов компании Busicom. Результатом этих работ было появление в 1971 году первого в мире микропроцессора **Intel 4004**, схемные решения которого были разработаны Фаджином совместно с японцем **Масатоши Шимой** (оценка сравнительного вклада Фаджина, Э. Хоффа и Р. Нойса в создание микропроцессора вызывает дискуссии до сих пор). Разработанная Федерико технология использовалась также при создании микропроцессора **Intel 8080**.

В 1974 Фаджин ушел из Intel, основав вместе с **Р. Ангерманном** фирму **Zilog**, и уже в 1976 году представил микропроцессор **Zilog Z80**, быстро опередивший 8080 на рынке и до середины 1980-х годов широко используемый в персональных компьютерах и встраиваемых системах.

В 1982 году английская компания **Sinclair Research Ltd** выпустила домашний компьютер **ZX Spectrum** на основе процессора Z80. Этот компьютер оказался чрезвычайно популярным в СССР, и на его многочисленных клонах воспитывалось первое поколение IT-специалистов стран СНГ.



После изобретения в 1971 году микропроцессора и первых попыток создания микрокомпьютеров, включающих микропроцессор, память и устройства ввода-вывода и реализованных на одной-двух печатных платах, возник вопрос, а нельзя ли все эти элементы разместить на одном кристалле кремния? Положительный ответ был дан инженерами корпорации Texas Instruments М. Кочреном и Г. Буном, запатентовавшим в 1971 году



### Гарвардская архитектура

однокристальную микроЭВМ. А впервые на одном кристалле была реализована в 1976 году микроЭВМ **i8048**, разработанная фирмой Intel. Помимо центрального процессора i8048 включала 1 КБайт памяти программ, 64 байта памяти данных, два восьмибитных таймера и 27 портов ввода/вывода.

Эта разработка и ее развитие – чип i8051 оказались настолько удачными, что в течение нескольких лет однокристалльные микроЭВМ получили широкое распространение в бытовой и компьютерной технике, автоматизации технических процессов. Последний фактор обусловил появление термина «**микроконтроллер**» (англ. *controller – управляющее устройство*).

Еще один важный шаг в развитии техники микроконтроллеров произошел в 1996 году, когда сотрудники фирмы Atmel норвежцы **Альф Боген** и **Вегард Воллен** представили семейство чипов на новом RISC-ядре AVR (название, вероятно, произошло от слов Alf Vegard RISC).

Особенностью микроконтроллеров AVR была **гарвардская архитектура**, разработанная Г. Эйкеном из Гарвардского университета и впервые использованная в компьютере Mark I (1944). В отличие от **архитектуры фон Неймана** для гарвардской архитектуры характерно то, что программа и данные находятся в разных адресных пространствах, а шины данных и шина команд физически разделены.

С другой стороны, в процессорах AVR применялась **RISC- архитектура** (англ. *Reduced Instruction Set Computer – компьютер с сокращённым набором команд*), повышающая быстродействие процессора за счёт упрощения инструкций и увеличения числа регистров общего назначения. Сочетание этих технических решений позволило выполнять большинство команд за один такт и обеспечило широкое распространение контроллеров AVR.

Другим классом процессоров, использующим гарвардскую архитектуру, являются **цифровые сигнальные процессоры** (англ. *digital signal processor, DSP*), используемые сегодня в задачах цифровой фильтрации, спектрального анализа, распознавания речи. К особенностям DSP относятся также наличие аппаратного умножителя и специализированный набор команд.

Сегодня большая часть визуальной информации попадает к нам через жидкокристаллические экраны телевизоров, компьютерных дисплеев, мобильных телефонов. А открыты **жидкие кристаллы** были еще в 1888 году австрийским ботаником **Фридрихом Райнитцером**. Изучая химические свойства веществ, содержащихся в моркови, Райнитцер обратил внимание, что у кристаллов холестерилбензоата оказалось две точки плавления и соответственно два разных жидких состояния – мутное и прозрачное, причем при плавлении бесцветное в твердом состоянии вещество приобретало окраску, зависящую от температуры.

Дальнейшие исследования этого явления произвел немецкий физик **Отто Леманн**. В 1889 году он ввел термин «жидкие кристаллы» и описал три их главных свойства: наличие двух точек плавления, отражение циклически поляризованного света и способность поворачивать плоскость поляризации света.

Жидкие кристаллы не находили практического применения, пока в 1963 году американец **Джеймс Фергасон** не использовал их свойство изменять цвет под воздействием температуры для обнаружения невидимых простым глазом тепловых полей и получил патент.

В 1966 году сотрудник корпорации RCA **Джордж Хейлмейер** продемонстрировал индикатор для часов, основанный на явлении поляризации светового потока жидкокристаллическими пленками, – прототип **жидкокристаллического дисплея** (ЖКД, англ. *liquid crystal display, LCD*). Во второй половине 1970-х начался переход от семисегментных индикаторов к матрицам с адресацией каждой точки. Так, в 1976 году компания **Sharp** выпустила черно-белый LCD с диагональю экрана 5,5 дюйма и разрешением 160 × 120 пикселей, а в 1987 году – первый цветной жидкокристаллический дисплей.

Дальнейшая эволюция жидкокристаллических матриц привела к созданию нового их типа – жидкокристаллических дисплеев с активной матрицей (**TFT LCD**, англ. *thin-film transistor* – тонкопленочный транзистор), отличающихся тем, что к каждой точке изображения подключен свой регулирующий транзистор, и позволяющих отображать на экране движущиеся объекты. Сначала японская компания **Hosiden** разработала монохромный TFT LCD-монитор для персональных компьютеров Apple, а в 1988 году фирма **Sharp** представила цветной TFT-дисплей с диагональю 14 дюймов.

Сегодня ЖКД, в том числе и дисплеи высокой четкости практически вытеснили мониторы и телевизоры на вакуумных трубках. Жидкие кристаллы используются как в миниатюрных экранах телефонов и бытовых приборов, так и в огромных уличных панелях с диагоналями в десятки метров.



Отто Леманн (1855–1922)

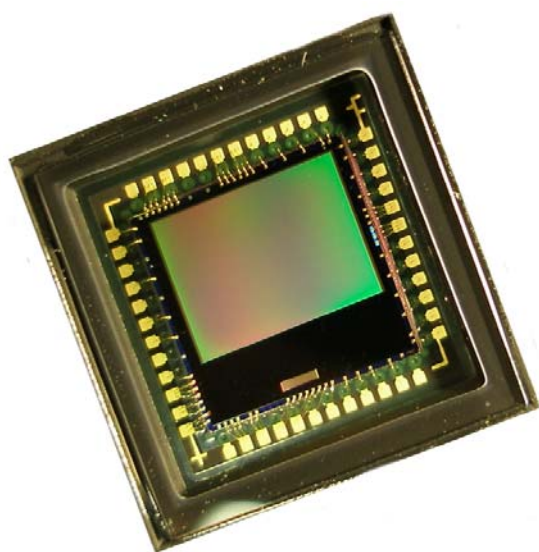
Снимая забавные сценки для домашнего фото- и видео-архива или социальных сетей, мы не очень задумываемся, как изображение попадает в фото-аппарат, телефон или планшет. А ведь уже в начале XX века ученые разрабатывали системы электронной записи и передачи изображения. Первые несовершенные устройства с применением фотоэлементов и фотоумножителей сменились телекамерами на основе передающих вакуумных трубок – **иконоскопа** (В. К. Зворыкин, 1923), **суперортикона** (Э. Роуз, П. Веймер и Г. Лоу, 1946) и **видикона** (П. Веймер, С. Форг и Р. Гудрич, 1950).



Уиллард Стерлинг Бойл  
(1924–2011)

Джордж Элвуд Смит  
(р. 1930)

Более надежными, чувствительными и миниатюрными преобразователями изображения в электрический сигнал стали изобретенные в 1969 году инженерами **Bell Labs У. Бойлом** и **Дж. Смитом приборы с зарядовой связью, или ПЗС-матрицей** (англ. *CCD, Charge-Coupled Device*), в которых применяется технология управляемого переноса в объеме полупроводника заряда, получаемого благодаря фотоэлектрическому эффекту. За создание ПЗС-датчиков Бойл и Смит в 2009 году получили Нобелевскую премию по физике.



КМОП-матрица

В 1970-е годы начало промышленного применения ПЗС в видеотехнике положила фирма **Sony** под руководством тогдашнего президента корпорации **Кадзуо Ивама**. Вклад Ивама в развитие ПЗС-технологий был столь велик, что на его надгробной плите установлена ПЗС-матрица.

В последние годы с видеоматрицами на основе ПЗС успешно конкурируют светочувствительные **КМОП-матрицы** (компланетарная структура металл-оксид-полупроводник), впервые представленные Лабораторией реактивного движения NASA в 1993 году. Преимуществами КМОП-матриц являются низкое энергопотребление, дешевизна и высокое быстродействие.

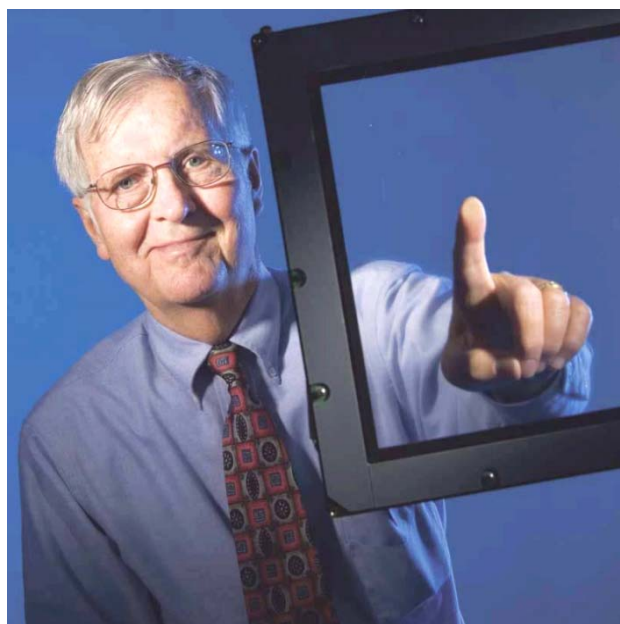
Практически все современные смартфоны, планшеты и другие гаджеты оснащены **сенсорными экранами**, реагирующими на прикосновения к ним. Какова же история этого устройства ввода информации?

В 1971 году преподаватель университета штата Кентукки (США) **Д. С. Херст**, столкнувшись с проблемой считывания информации с лент самописцев предложил автоматизировать данный процесс. Это привело к появлению **элографа** – графического планшета, действовавшего по четырёхпроводному **резистивному принципу**. Над поверхностью устанавливали гибкую мембрану с нанесенным на ней резистивным покрытием. В момент нажатия на дисплей происходило замыкание, и по изменению сопротивления контроллер определял координаты прикосновения.

В 1974 году образованная Херстом компания **Elographics** выпустила прозрачную сенсорную панель, а в 1982 году совместно с фирмой **Siemens** – первый в мире телевизор с сенсорным экраном. В 1983 году компания **Hewlett-Packard** выпускает первый персональный компьютер HP-150, оборудованный сенсорным дисплеем с **инфракрасной сеткой**. Первым мобильным телефоном с сенсорным вводом стала модель Alcatel One Touch (1998).

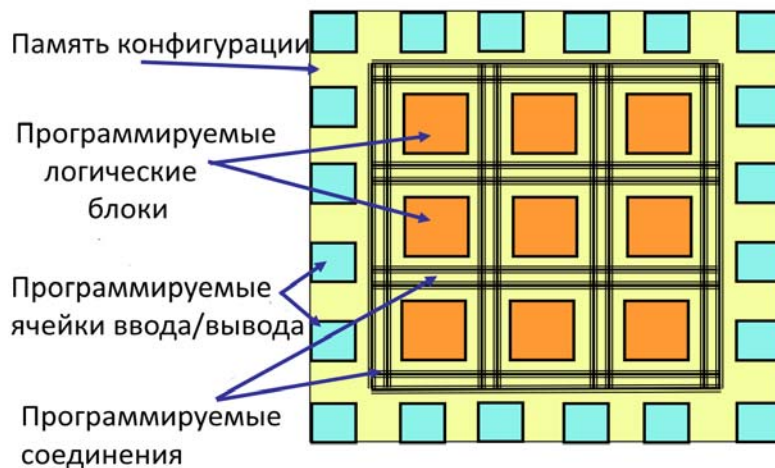
В 1972 году сотрудник Евросовета по ядерным исследованиям ЦЕРН датчанин **Бент Стамп** предложил **ёмкостный сенсорный экран** для пульта управления ядерного ускорителя. Ёмкостный экран представляет собой стеклянную панель, покрытую прозрачным резистивным материалом. Электроды, расположенные по углам экрана, подают на проводящий слой переменное напряжение. Поскольку обладающий емкостью предмет проводит переменный ток, то при касании экрана пальцем появляется утечка тока. Ток в углах регистрируется датчиками, и контроллер вычисляет координаты точки касания. У более совершенных **проекционно-ёмкостных сенсорных экранов** на внутренней стороне экрана нанесена сетка электродов. Контроллер сенсора осуществляет сканирование сетки, измеряет емкость образовавшегося при касании конденсатора и вычисляет место касания по самой большой емкости.

Преимуществом проекционно-ёмкостных сенсорных экранов стала возможность реализации технологии **Мультитач** (англ. *Multi-touch* – множественное касание) для одновременного определения координат двух и более точек касания. Особенное распространение технология Мультитач получила после выпуска в 2007 году компанией **Apple** аппарата **iPhone**: первого полностью сенсорного телефона с виртуальной клавиатурой.



Джордж Сэмюэль Херст  
(1927–2010)

В 1970-х годах стало нарастать противоречие между возможной степенью интеграции и номенклатурой выпускаемых микросхем. Сложные устройства, создаваемые из микросхем средней степени интеграции, таких как регистры, счетчики, сумматоры, были, как правило, громоздкими и ненадежными. В то же время разработка специализированных больших интегральных схем была экономически эффективной либо в случае выпуска больших серий, либо в специальных случаях (военная, авиационная, космическая аппаратура). Частично решить эту проблему позволило внедрение **программируемых логических интегральных схем (ПЛИС)**.



Структура ПЛИС

История развития ПЛИС начинается с появления программируемых постоянных запоминающих устройств (ППЗУ). Применяемые первоначально для хранения данных, ППЗУ со временем стали также использоваться для реализации логических (булевых) функций. Вычислять булевы функции большого числа переменных позволили **программируемые логические матрицы (ПЛМ)**. Первой ПЛМ стала созданная в 1970 году фирмой Texas Instruments микросхема TMS2000. Совершенствование технологии ПЛИС привело к возможности реализации на одном кристалле матрицы ячеек, объединяемых программируемыми соединениями. Подобные архитектуры, впервые разработанные компанией **Altera** в 1984 году, получили название **CPLD** (англ. *Complex Programmable Logic Device* – сложные ПЛИС).

Следующий шаг в развитии ПЛИС-технологий был сделан в 1984 году, когда один из создателей корпорации **Xilinx Росс Фримен** предложил концепцию **программируемой пользователем вентиляционной матрицы** (англ. *field-programmable gate array, FPGA*). **FPGA** состоит из массива логических ячеек с программируемыми в процессе эксплуатации соединениями. Конфигурирующая программа для **FPGA** хранится во внутренней памяти. Первая серийная **FPGA XC2064** была представлена **Xilinx** в 1985 году.

Значительно упростить разработку ПЛИС позволило создание специализированных **языков описания аппаратуры** (англ. *hardware description language, HDL*). Первый современный HDL – **Verilog** был создан Gateway Design Automation в 1985 году для описания больших интегральных схем. В 1987 году по заказу Министерства обороны США на основе языков Ada и Pascal был разработан язык **VHDL**. Применяемые первоначально для моделирования логических схем, эти языки в настоящее время стали основой эффективных систем проектирования ПЛИС.

### 3. Автоматика на службе человечества

С глубокой древности человек пытался использовать объекты окружающей среды в своих целях, то есть управлять ими. Первоначально люди управляли примитивными орудиями труда и бытовыми предметами, а с развитием цивилизации – более сложными техническими системами. Очередные технические достижения потребовали создания систем управления паровыми машинами, кораблями, станками, самолетами, позволяющих поддерживать заданный курс корабля, высоту самолета, частоту вращения двигателя и т. д.

С развитием техники выяснилось, что управление многими машинами, механизмами и производственными процессами требует такого быстродействия и точности, которые уже не под силу человеку-оператору из-за ограниченных его возможностей – физической силы, быстроты реакции, возможности действовать в экстремальных условиях. Поэтому стала быстро развиваться такая отрасль науки и техники, как **автоматическое** (от греч. αὐτόματος, *autómatos* – самодействующий) **управление**, то есть управление без участия человека.

**Системы автоматического управления (САУ)** включают в себя автоматическое устройство управления и объект управления. САУ подразделяется на **системы автоматического регулирования (САР)**, в задачу которых входит поддержание постоянного значения управляемой величины, **программного управления**, где управляемая величина изменяется по заданной программе, **следающие системы**, для которых программа управления заранее не известна и характер поведения системы полностью зависит от изменения условий функционирования объекта управления, **адаптивные, или самоприспосабливающиеся системы**, которые имеют возможность изменять параметры или структуру регулятора в зависимости от изменения параметров объекта управления или внешних возмущений.

Первые примитивные автоматические регуляторы создавались инженерами на интуитивном уровне, однако, быстро выявилась необходимость в создании специальной теории, изучающей принципы построения систем автоматического управления, закономерности протекающих в них процессов и обеспечивающей оптимальный выбор параметров САУ. Такая наука, вобравшая в себя достижения различных разделов математики, получила название **теории автоматического управления**.

Сегодня системы автоматического управления реализуют сложные алгоритмы управления и, как правило, имеют в своем составе компьютер или специализированный вычислитель. Применение таких систем в перспективе приведет к созданию «безлюдных производств», где прием сырья, технологические операции, контроль производства и отгрузка готовой продукции будет производиться полностью автоматически.

Рассмотрению основных этапов, которые прошла автоматика на пути от первых автоматов-игрушек к современным высокоточным системам управления, и посвящена эта глава.

Первые самодействующие устройства появились ещё в глубокой древности. Первобытные охотники использовали ловушки в виде падающего бревна или сети-ловушки. В этот период находят свое применение также самострелы, устанавливаемые на звериных тропах. Достаточно было животному или врагу задеть замаскированную веревку, используемую в качестве чувствительного элемента, как самострел срабатывал, и стрела поражала цель.

В эпоху античности древние мастера неоднократно создавали механические устройства, имитирующие движения живых существ. Так, Архит Тарентский (VI–V вв. до н. э.) изготовил «летающего голубя», Дмитрий Фалерский (III в. до н. э.) – «ползающую улитку».

Древнегреческий изобретатель **Ктезибий Александрийский** (285–222 до н. э.) построил автомат, приводимый в действие кулачками, позволяющими машине сидеть, стоять и даже перемещаться. Другим «роботизированным» устройством Ктезибия были водяные часы (**клепсидра**). Эти часы состояли из двух установленных друг над другом сосудов, верхний из которых наполнялся до определенного уровня водой, которая вытекала в нижний сосуд. Чтобы узнать время, в нижнем сосуде устанавливался поплавок, который поднимался вместе с повышением уровня воды и указывал на соответствующую цифру. Для стабилизации скорости истечения воды часы впоследствии были снабжены поплавковым регулятором.

Продолжил исследования Ктезибия другой греческий изобретатель **Филон Византийский**, прозванный за свое инженерное искусство «Механикус». В книге «Пять принципов механики» (трактат об устройствах, работающих под давлением воздуха или воды) описана созданная Филоном **девушка-робот**. В правой руке она держала кувшин с вином. Когда в её левой руке оказывалась чаша, она налиwała в неё вино и, если нужно, разбавляла водой. Филон создал сложную схему из резервуаров, трубок, воздушных труб и пружин, работавшую за счёт противовесов, давления воздуха и воды.

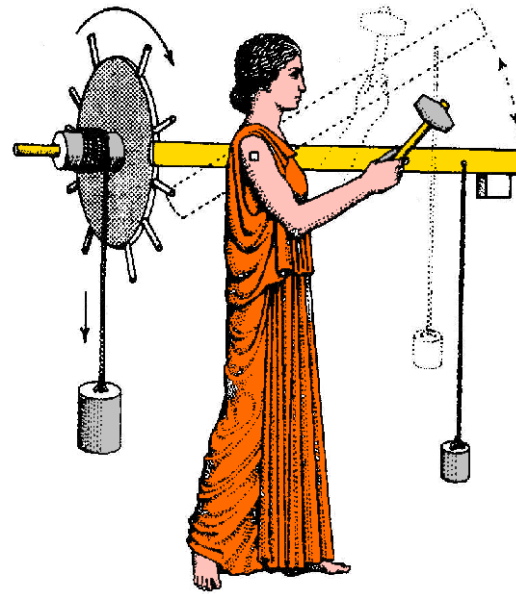
Другой автомат Филона упрощал процедуру мытья рук. В этом автомате применялся возвратно-спусковой механизм, используемый в современных механических часах. Над водопроводной трубой была вырезана рука, держащая кусочек пемзы. Когда пемзу брали, чтобы вымыть руки, резная ладонь уходила внутрь механизма, и из трубы текла вода. Через некоторое время выток воды прекращался, и механическая рука подавала новый кусочек пемзы.



**Филон Византийский**  
(ок. 280 до н. э. – ок. 220 до н. э.)



Торговый автомат Герона



Автоматический театр Герона

К величайшим изобретателям в истории человечества часто относят **Герона Александрийского** (ок. 10–75) – древнегреческого математика и механика. Герон описал ряд простейших механизмов: рычаг, ворот, клин, винт и блок и установил «**золотое правило механики**», согласно которому выигрыш в силе при использовании механизмов сопровождается потерей в расстоянии. Среди изобретений Герона – прибор для измерения протяжённости дорог (одометр), прибор для геодезических работ – диоптр, первая в истории паровая турбина – эолипил.

В книге «Об автоматах» Герон описал различные **автоматические устройства**: автомат для открывания дверей, автомат для продажи воды, механический театр марионеток. Для Александрийского театра Герон сконструировал механизм, обеспечивающий движение фигурки. При касании героем планки грузы, подвешенные к колесу, вращали его таким образом, что колышки захватывали и опускали один конец уровня. Это приводило к подъему его другого конца, к которому была прикреплена рука с молотком. Когда колышек проходил установленный уровень, рука наносила удар.

Герон первым в истории начал создавать простейшие **программируемые устройства**. Основой механизма, управляющего театром, был вал со штырьками и намотанной на него верёвкой. К концу веревки был привязан груз, медленно опускающийся под действием силы тяжести. Вал играл роль программного регулятора: каждый штырек обеспечивал запуск того или иного театрального механизма или изменение направления его движения.

Прообразом современных автоматов для отпуска жидкостей послужил автомат Герона для продажи священной воды. Монета падала сквозь щель на лоток и приводила в действие рычаг, управляющий клапаном, который открывался под действием веса монеты. Вытекало некоторое количество воды, монета соскальзывала с лотка, и рычаг возвращался в исходное положение.



**Колесница, указывающая на юг** – первый навигационный прибор, работающий по принципу обратной связи и, вероятно, первая известная система автоматической стабилизации. Колесница – это двухколёсное транспортное средство, на котором установлена фигурка человека, соединенная с колёсами с помощью дифференциальных передач. Благодаря тщательному подбору размеров колёс, направляющих устройств и передаточных чисел зубчатых передач, фигурка наверху колесницы постоянно указывала вытянутой рукой на юг, независимо от направления движения самой колесницы, тем самым действуя в качестве немагнитного компаса транспортного средства. Дифференциальная система интегрировала разницу во вращении колёс и таким образом определяла поворот колесницы. Механизм компенсировал эту разницу, вращая указатель в обратном направлении.



Колесница, указывающая на юг  
(III в. н. э.)

По легенде колесница была изобретена около 2600 года до нашей эры в Китае Жёлтым Императором Хуан-ди – мифическим правителем Китая, который считается также основателем даосизма и предком всех китайцев. Согласно легенде в ходе войны с великаном-колдуном Чи Ю войско Хуан-ди оказалось в густом тумане, напущенном противником. Однако с помощью созданной Хуан-ди колесницы его армия нашла правильный путь в тумане и одержала победу.

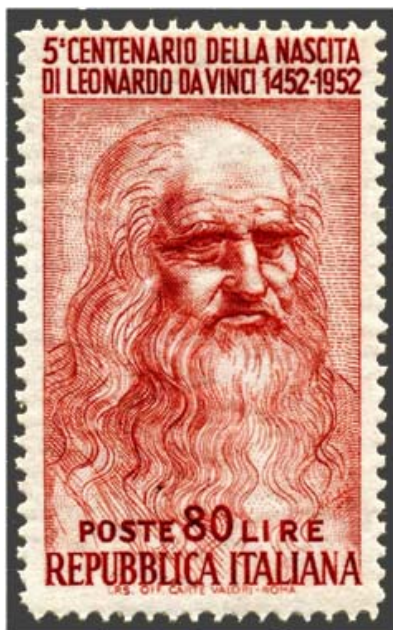
Первая реальная версия колесницы была создана **Ма Цзюнем** (200–265 годы н. э.) для правителя Мин-ди. В эпоху династии Тан (618–907 н. э.) колесница, указывающая на юг, была объединена с другим механическим транспортным устройством – измерителем расстояния, или одометром.

Кроме системы дифференциальных передач и основанной на них колесницы, согласно древнекитайским хроникам «Записи о трех царствах», мастер Ма Цзюнь также изобрёл **механический театр** для развлечения двора императора, приводимый в действие от вращающегося деревянного водяного колеса. В ходе представления несколько механических кукол автоматически выполняли разные трюки. Например, девочки пели и танцевали, другие куклы били в барабаны и играли на флейтах, танцевали на мячах, бросали мечи, свешиваясь вниз головой с веревочных лестниц.

Значительный вклад в создание самодвижущихся механизмов, предшественников современных роботов, внес выдающийся итальянский художник, ученый и изобретатель **Леонардо да Винчи**.

Для создания искусственных существ, так называемых **автоматов**, Леонардо объединил идеи Герона Александрийского с собственными знаниями об анатомии людей и животных и современными ему технологиями. Для Миланского маскарада Леонардо построил рыцаря в доспехах, способного садиться, вставать, двигать головой и челюстями, поднимать забрало, двигаться самостоятельно. Через систему шкивов, рычагов и тросов роботом управляло механическое программируемое устройство в груди. Любопытно, что работы Леонардо использовал американский инженер **Марк Рошейм** при создании роботов, которые космическое агентство США НАСА планирует использовать для работы на будущей станции «Альфа» и на Марсе.

Другим творением Леонардо был механический лев, представленный в 1515-м году французскому королю Франциску I. В ходе торжеств по поводу вступления Франсиска I на трон лев самостоятельно шел по тронному залу и у подножия трона открывал лапами грудь, откуда появлялся букет лилий.



Леонардо да Винчи  
(1452–1519)



Роботы Леонардо да Винчи  
(1495–1515)

Построением механических роботов-автоматов занимался целый ряд искусных мастеров Европы. «Новым Прометеем» называл Вольтер французского механика **Жака де Вокансона** за его способность даровать жизнь неживой материи. 11 февраля 1738 года де Вокансон представил механического флейтиста, который мог играть 12 разных мелодий. Прохождение воздуха через дыхательные пути робота обеспечивалось с помощью системы мехов и трубок. Губы механического флейтиста открывались и закрывались, а металлический язык регулировал потоки воздуха, создавая необходимые паузы.

Не менее удивительны были автоматы швейцарца **Пьера Жаке-Дро**. Андроид в виде пишущего мальчика (1774 год) состоял из 6000 деталей. Программируемый системный диск, управляющий механизмом из сорока кулачков, давал возможность роботу написать любой текст до 40 строк.

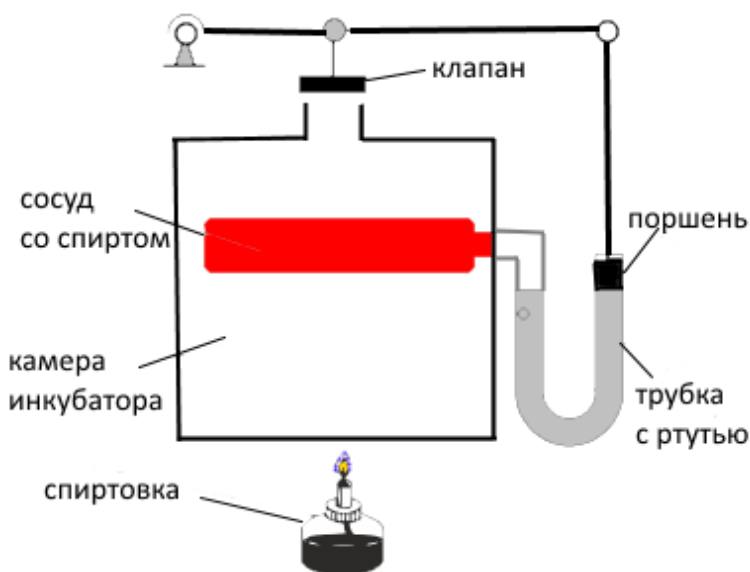
Первой промышленной **системой управления с обратной связью**, изобретенной в Европе, считают автоматический регулятор температуры в инкубаторе для выведения цыплят, разработанный в начале XVII века нидерландским механиком **Корнелиусом Дреббелем**. Дреббель создал также одну из первых подводных лодок и усовершенствовал микроскоп.

Этот регулятор содержал устройство, позволяющее выпускать нагретый воздух из камеры, когда температура в ней достигала желаемого результата. Внутри камеры инкубатора, нагреваемой спиртовкой, размещался чувствительный элемент – сосуд со спиртом, соединенный с U-образной трубкой, заполненной ртутью и закрытой поршнем, воздействующим на рычаг клапана вентиляционного отверстия. Таким образом перегрев камеры приводил к расширению спирта и открытию вентиляции. Регулятор был снабжен винтовым устройством уставки температуры.

Другим примером автоматического регулятора был вращающийся ветряк английского кузнеца **Эдмунда Ли**, патент на который был получен в 1745 году. Для разворота крыши в ветряке Ли использовалось дополнительное ветряное колесо, ось вращения которого перпендикулярна оси рабочего колеса. Когда направление ветра не совпадало с осью вращения рабочего колеса, дополнительное ветряное колесо через редуктор поворачивало крышу ветряка, пока плоскость дополнительного колеса не совпадала с направлением ветра, после чего поворот крыши прекращался. Фактически дополнительное ветряное колесо являлось одним из первых примеров **сервомотора**, скорость вращения которого увеличивалась с увеличением угла рассогласования между направлением ветра и осью рабочего ветряного колеса.



Корнелиус Якобсон Дреббель (1572–1633)



Термостат Дреббеля

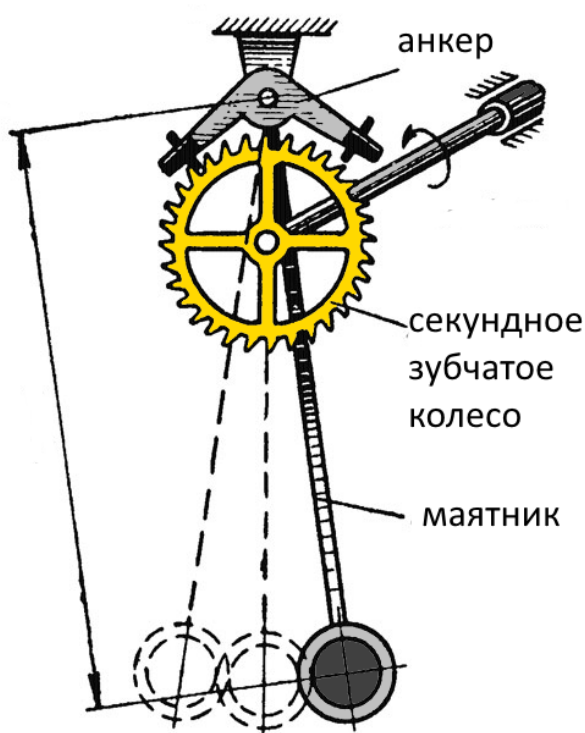
Первым автоматом, получившим широкое распространение, обычно считают **маятниковые часы**, предложенные около 1640 года итальянским ученым **Галилео Галилеем**. Именно Галилей первым обнаружил, что колебания маятника изохронны, и собирался использовать маятник при создании часов, однако, из-за ухудшения зрения и скорой кончины не закончил работу.

Пройти путь от лабораторных экспериментов до создания работающих часов удалось нидерландскому математику, астроному и изобретателю **Христиану Гюйгенсу**. В 1673 году Гюйгенс опубликовал работу под названием «Маятниковые часы, или геометрические доказательства, относящиеся к движению маятников, приспособленных к часам», а в 1657 году получил голландский патент на конструкцию маятниковых часов.

В часах Гюйгенса была реализована идея **автоколебаний**, основанная на **обратной связи**: энергия сообщалась маятнику так, что «сам источник колебаний опреде-



**Христиан Гюйгенс**  
ван Зейлихен  
(1629–1695)



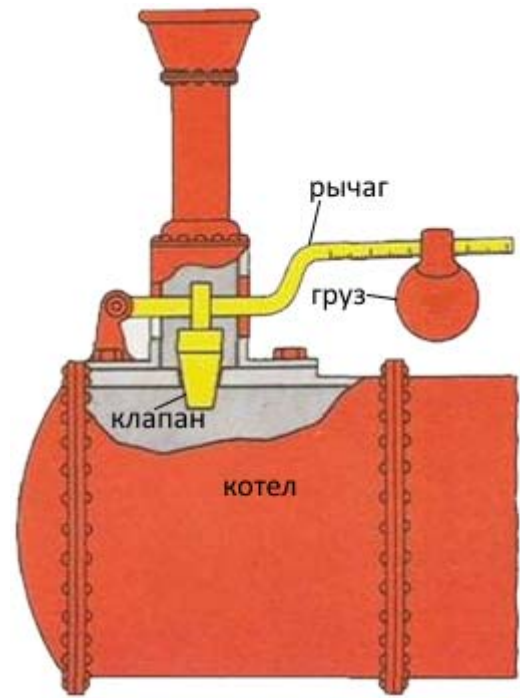
Анкерный регулятор хода

лял моменты времени, когда требуется доставка энергии». У Гюйгенса эту роль выполняло устройство в виде анкера (якоря) с косо срезанными зубцами, ритмически подталкивающего маятник. Часы обеспечивали прекрасную для того времени точность хода. Впоследствии Гюйгенс предложил заменить маятник часовой спиралью, что позволяло использовать часы в морских плаваниях, и в 1675 году запатентовал карманные часы.

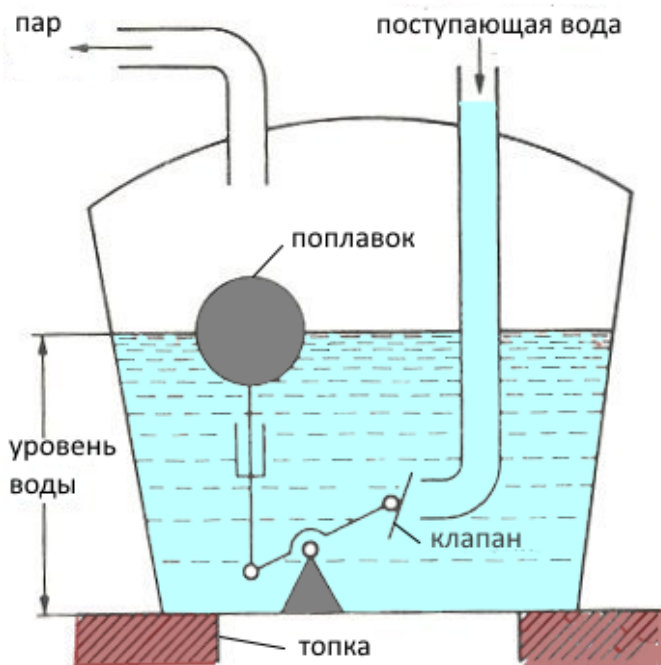
В 1657 году Гюйгенс написал приложение «О расчётах в азартной игре», в которой содержалось изложение начал зарождающейся **теории вероятностей**. При помощи усовершенствованного им телескопа Гюйгенс открыл спутник Сатурна Титан, ледяную шапку на Марсе и туманность Ориона.

Создаваемые в XVII – начале XVIII века в единичных экземплярах регуляторы не получили широкого распространения в силу дешевизны ручного труда. Развитие промышленных регуляторов началось лишь в XVIII столетии, в связи с изобретением и развитием паровых машин и турбин в эпоху промышленного переворота в Европе.

В 1707 году французский физик и математик **Дени Папен** (1647–1712), ассистент Гюйгенса, построил один из первых в истории паровой двигатель, который совершал полезную работу за счёт нагревания и конденсации пара. Паровой котел Папена был оснащен **автоматическим предохранительным клапаном** с грузом. Регулируя положение груза, можно было задавать предельное давление сброса пара из котла. До настоящего времени подобными клапанами оснащаются все паровые котлы. Любопытно, что экспериментальный образец котла Папен использовал в качестве кастрюли-скороварки и прославился изготовлением вкусных блюд.



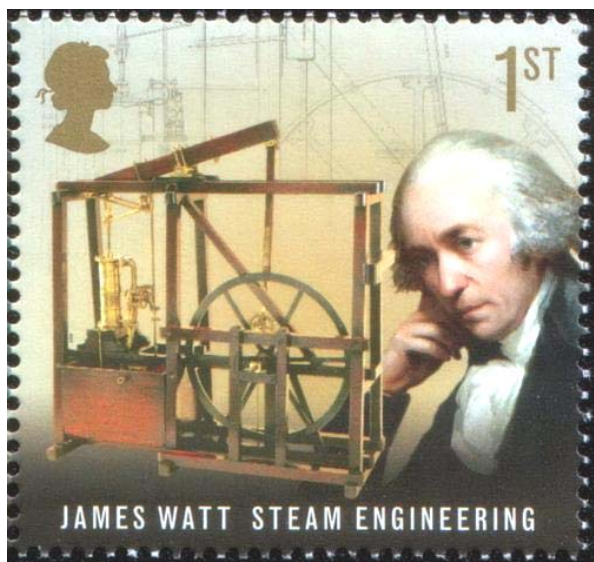
Автоматический предохранительный клапан Д. Папена (1707)



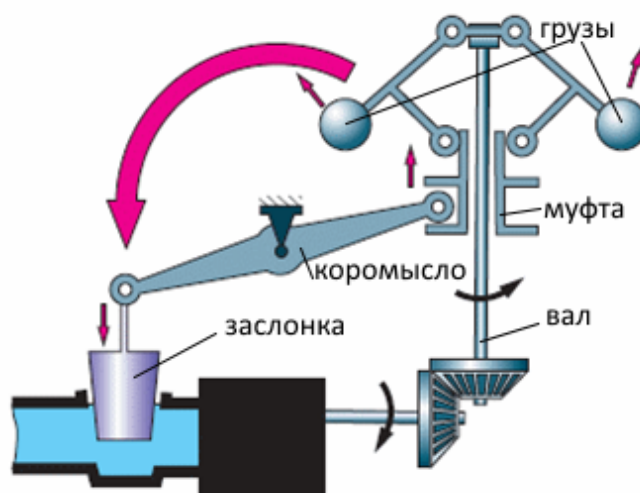
Поплавковый регулятор котла паровой машины И. И. Ползунова (1765)

В 1765 году российским механиком **Иваном Ивановичем Ползуновым** (1728–1766) был изобретен **автоматический регулятор пропорционального действия**, использующий принцип обратной связи (принцип Ползунова–Уатта). Регулятор предназначался для контроля уровня воды в построенном Ползуновым первым в мире двухцилиндровом паровом двигателе.

В регуляторе Ползунова измерительный орган – поплавок, находящийся на поверхности воды – двигал рычаг, открывающий подачу жидкости по трубе в котёл через отверстие клапана. Если уровень воды поднимался выше положенного, то поплавок, перемещаясь вверх, закрывал клапан, и подача воды прекращалась.



Джеймс Уатт  
(1736–1819)



Центробежный регулятор Уатта  
(1784)

Огромную роль в переходе к машинному производству и началу промышленной революции сыграли работы шотландского изобретателя **Джеймса Уатта**. Уатт создал универсальную паровую машину с цилиндром двойного действия, в которой для стабилизации скорости применил **центробежный регулятор**, запатентованный им в 1784 году.

Регулятор Уатта состоял из двух грузов, подвешенных на шарнирах вдоль оси вертикального вала. Рычаги этих грузов связаны с муфтой, соединенной через коромысло с заслонкой. Положение заслонки определяло сечение отверстия, через которое пар поступал из котла в цилиндр паровой машины и обеспечивал вращение вала с заданной скоростью.

Если скорость вращения превышала заданную величину, центробежная сила грузов увеличивалась, вследствие чего грузы поднимались, перемещали муфту и заслонку. Если подача пара в машину уменьшалась, то уменьшалась угловая скорость вала. При этом грузы опускались и двигали заслонку вверх. В этом регуляторе грузы являлись и измерителем отклонения угловой скорости от заданного значения, и исполнительными устройствами, осуществляющими управление заслонкой. Созданная Уаттом система «машина – центробежный регулятор», в которой впервые реализован принцип управления по отклонению может быть рассмотрена как рубеж, с которого берет начало автоматизация промышленности.

В 1789 году Уатт предложил в качестве единицы мощности величину, названную им «**лошадиная сила**» (утверждалось, что одну из первых машин Уатта купил пивовар, чтобы заменить ею лошадь, приводящую в действие водяной насос). В 1882 году Британская ассоциация инженеров решила присвоить имя Уатта единице мощности. 1 **ватт** (обозначение: Вт, W) определяется как мощность, при которой за 1 секунду времени совершается работа в 1 джоуль. **Метрическая лошадиная сила** составляет 735,49875 ватт.



Жан Жозеф Леон Фарко  
(1824–1908)



Владимир Николаевич  
Чиколев (1845–1898)

Усиление мощности паровых машин, сопровождавшееся увеличением расхода пара и утяжелением заслонки в паропроводе, привело к возрастанию массы грузов регуляторов. Поэтому в состав управляющего устройства стали вводить специальный двигатель, призванный перемещать регулирующий орган (заслонку). При этом устройство, являющееся регулятором в предыдущих конструкциях, стало выполнять функцию измерителя частоты вращения и управления работой двигателя, на что требовались незначительные усилия. Так появились регуляторы нового типа – **регуляторы непрямого действия**.

Впервые непрямоe регулирование осуществил в 1873 году французский инженер **Ж. Фарко**, введя в цепь регулирования усилитель – **гидравлический сервомотор** (названный Фарко также порабощенным мотором) с жёсткой обратной связью. По образному выражению Фарко, сервомотор рабски следит за каждым движением стрелки чувствительного элемента регулятора. Таким образом, Фарко создал **следающую систему с жесткой отрицательной обратной связью**, широко используемую в современных автоматических устройствах, в частности, в радиолокаторах, станках с ЧПУ, автопилотах.

А электрическую следающую систему в 1865–1879 годах изобрел российский инженер и писатель-фантаст **В. Н. Чиколев**, разработав применяемый и поныне **дифференциальный регулятор** для автоматического сближения углей горящей дуговой лампы. Для приведения в действие регулятора служил маленький электродвигатель с кольцом Грамма, посредством винта сдвигающий или раздвигающий уголи.

Помимо регулятора, Чиколев изобрел также автоматические выключатели, сигнализаторы и другие аппараты электроавтоматики. На Всероссийской выставке 1872 года Чиколев экспонировал изобретённую им электрическую швейную машинку – первый в мире **электрифицированный станок**.

Во второй половине XIX века только в Англии работало более 75 тысяч паровых машин, управляемых центробежным регулятором Уатта. В промышленности часто происходили нарушения устойчивости системы «паровая машина – регулятор». Интенсивное развитие паровой энергетики поставило перед наукой задачу разработки теории регулирования, пригодной для промышленного проектирования систем регулирования.

В 1868 году английский физик **Д. К. Максвелл** в работе «О регуляторах» впервые поставил задачу об устойчивости линейной системы автоматического регулирования на примере регулирования поворота астрономического инструмента. Максвелл рассмотрел регулятор совместно с объектом и составил линеаризованные уравнения системы. В работах Максвелла сформулированы условия устойчивости линейных систем третьего порядка и предпринят поиск условий устойчивости для уравнений произвольного порядка, что инициировало нахождение **Э. Раусом** критерия устойчивости линейных систем.

В 1876 году в трудах Парижской академии российский математик **И. А. Вышнеградский** опубликовал статьи «Об общей теории регуляторов» и «О регуляторах прямого действия». В этих работах Вышнеградский провел детальный анализ характеристик паровой машины и регулятора Уатта и применил эффективную линеаризацию нелинейных уравнений машины и регулятора, установил методику исследования замкнутых систем, ввел основные **показатели качества процесса регулирования**. В работах И. А. Вышнеградского было объяснено основное противоречие между точностью и устойчивостью регулирования: при уменьшении статической ошибки регулирования ниже некоторого критического значения система теряет устойчивость.

Впервые введенные в практику Вышнеградским условие устойчивости (критерий Вышнеградского) и метод графического разделения плоскости параметров системы регулирования на области устойчивости (диаграмма Вышнеградского) дали мощный инструмент инженерам-практикам для проектирования и настройки регуляторов.

В 1888–1892 годах на посту министра финансов России И. А. Вышнеградскому удалось добиться сбалансирования бюджета и укрепления курса рубля.

Среди учеников Вышнеградского – учёный-механик **Виктор Львович Кирпичёв**, профессор, основатель и первый ректор **Харьковского технологического института** (ныне **НТУ «ХПИ»**) и Киевского политехнического института (ныне **НТУУ «КПИ»**).



Иван Алексеевич  
Вышнеградский  
(1832–1895)



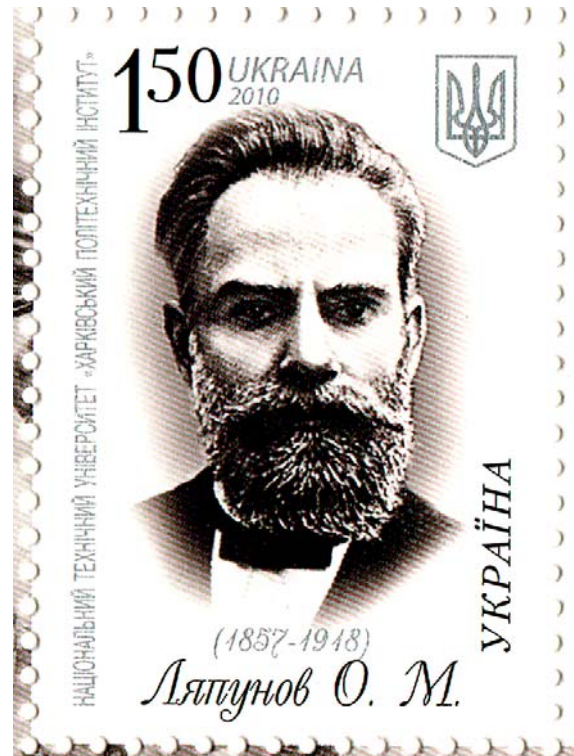
Точная и строгая теория устойчивости систем автоматического управления, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, была создана выдающимся математиком и механиком **А. М. Ляпуновым** в 1892 году.

По окончании в 1876 году физико-математического факультета Петербургского университета А. М. Ляпунов был оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию по кафедре механики. Весной 1885 года Ляпунов был утверждён в звании приват-доцента Петербургского университета, однако, получив приглашение из Харькова, в том же 1885 году занял вакантную кафедру механики Харьковского университета и начал чтение лекций по всем курсам кафедры. С 1887 по 1893 годы Александр Михайлович также читал аналитическую механику в **Харьковском технологическом институте** (ныне **НТУ «ХПИ»**).

В 1892 году вышла представленная в качестве докторской диссертации работа Ляпунова «Общая задача об устойчивости движения», в которой была рассмотрена проблема устойчивости движения систем с конечным числом степеней свободы. А. Ляпунов исследовал предельное поведение решений систем дифференциальных уравнений при стремлении независимого переменного к бесконечности, дал определение основных понятий теории устойчивости, получил ряд результатов в теории линейных и нелинейных дифференциальных уравнений. Концепция возмущенного и невозмущенного движения А. М. Ляпунова широко используется в современной теории управления.

После написания докторской диссертации А. М. Ляпунов изучал фигуры равновесия в однородной и неоднородной вращающейся жидкости и устойчивость этих фигур, открыл носящий теперь его имя случай движения твердого тела в жидкости, выполнил исследование в связи с предположением известного астронома Хилла о характере движения Луны.

В теории вероятностей Ляпунов развил метод характеристических функций, дал доказательство в весьма широких условиях **центральной предельной теоремы**, высказанной, но не доказанной полностью П. Л. Чебышёвым. Центральная предельная теорема утверждает, что *сумма достаточно большого количества слабо зависимых случайных величин, имеющих примерно одинаковые масштабы, имеет распределение, близкое к нормальному*. Метод, использованный Ляпуновым при доказательстве теоремы, является ныне одним из основных в теории вероятностей.



Александр Михайлович  
Ляпунов (1857–1918)



Аурель Болеслав Стодола  
(1859–1942)



Адольф Гурвиц  
(1859–1919)

Инженер-машиностроитель **Аурель Болеслав Стодола** родился в местечке Микулаш (ныне Словакия). С 1892 года преподавал в Швейцарском политехническом институте (в настоящее время – высшая техническая школа Цюриха). Любопытно, что одним из студентов Стодола был Альберт Эйнштейн, который высоко оценивал научную и педагогическую деятельность Стодола и поддерживал с ним переписку в течение многих лет.

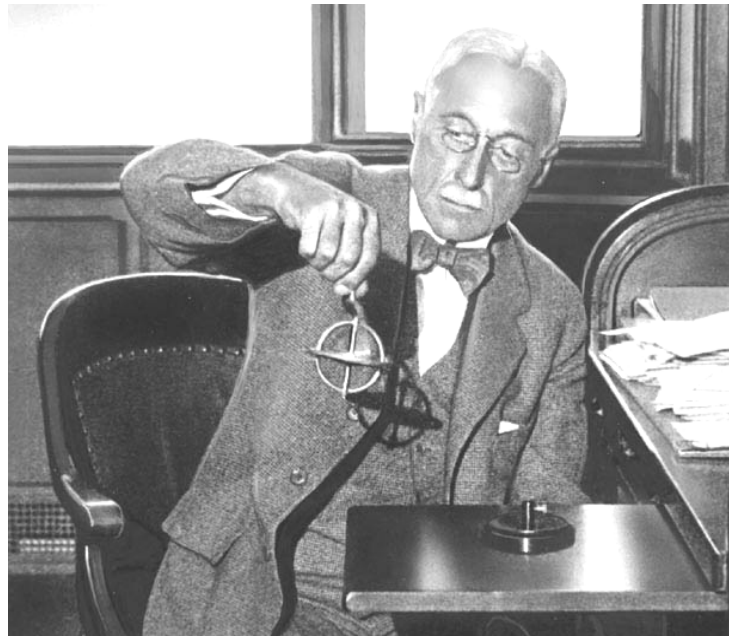
Работая в Цюрихе, Стодола опубликовал ряд работ по теоретическим основам проектирования паровых и газовых турбин и сформулировал названный его именем закон о производительности турбин. Обобщая идеи А. И. Вышнеградского, Стодола исследовал на основе линеаризованных уравнений сложную **систему автоматического регулирования скорости вращения паровой турбины**. Стодола показал, что могут успешно применяться как статические, так и астатические регуляторы, лишь бы выполнялись условия устойчивости Максвелла.

Получив уравнение регулятора седьмой степени и столкнувшись с проблемой поиска корней алгебраического уравнения порядка выше третьего, Стодола обратился к своему коллеге по Цюрихскому политехникуму математику **Адольфу Гурвицу**, который в 1895 году сформулировал **критерий устойчивости в замкнутой форме**.

**Критерий Гурвица** (иногда называемый **критерием Рауса–Гурвица**) не требует поиска самих корней характеристического полинома системы управления и сводится к построению матрицы из коэффициентов характеристического полинома и вычислению миноров этой матрицы. Необходимым и достаточным условием отрицательности вещественных частей всех корней, а следовательно, и устойчивости системы является положительность этих миноров. Критерий Гурвица в силу простоты и наглядности в течение долгого времени использовался в инженерной практике.

В связи с внедрением систем автоматического регулирования в различные отрасли промышленности традиционные пропорциональные регуляторы, которым была присуща значительная статическая ошибка, перестали удовлетворять потребности практики.

Еще в 1791 году французский инженер и математик **Г. Прони** использовал в регуляторе интеграл от разности заданной величины и фактически достигнутой, а в 1857 году американец **Г. Н. Труп** запатентовал регулятор с **пропорционально-дифференциальным** законом управления для судовой паровой машины.



Элмер Амброуз Сперри  
(1860–1930)

Наибольших же успехов в построении регуляторов добился американский инженер **Элмер Сперри**. Сперри был одним из пионеров авиационного и морского приборостроения и вошел в историю как изобретатель **гироскопа** – электромеханического указателя направления меридиана, основанного на использовании свойств **гироскопа** и предназначенного для определения курса объекта (независимо от Сперри гироскоп запатентовал немец **Герман Аншютц-Кемпфе**). В 1911 году гироскоп Сперри начал использоваться для управления линейным кораблем «Делавер», а в 1912 году Сперри впервые реализовал автоматическое управление судном, объединив гироскоп с приводом руля. При управлении был впервые применен **пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД)-регулятор**. В 1914 году Элмер вместе со своим сыном **Лоуренсом** разработали **автопилот для самолета**.

ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе – интеграл сигнала рассогласования, третье – производная сигнала рассогласования.

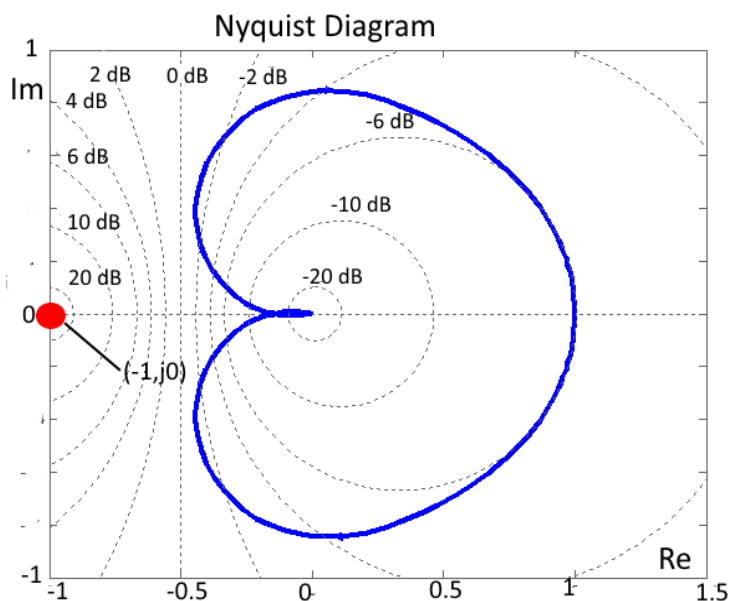
$$u(t) = P + I + D = K_p \varepsilon(t) + K_i \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + K_d \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

В 1922 году сотрудник Сперри американский инженер российского происхождения **Николай Федорович Минорский** выполнил полный теоретический анализ разработанной им для ВМС США системы автоматического регулирования рулевого управления судна, использующей ПИД-алгоритм.

В настоящее время ПИД-системы составляют около 90 % регуляторов, находящихся в эксплуатации. Причиной такой популярности является пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость.



Гарри Найквист  
(1889–1976)



Годограф Найквиста  
(АФХ)

Быстрое развитие САУ в XX веке привело к необходимости создания более эффективных методов их исследования. В 1932 году американский учёный шведского происхождения **Гарри Найквист** рассмотрел вопрос устойчивости радиотехнических усилителей с обратной связью и предложил **критерий устойчивости по частотным характеристикам разомкнутой системы**.

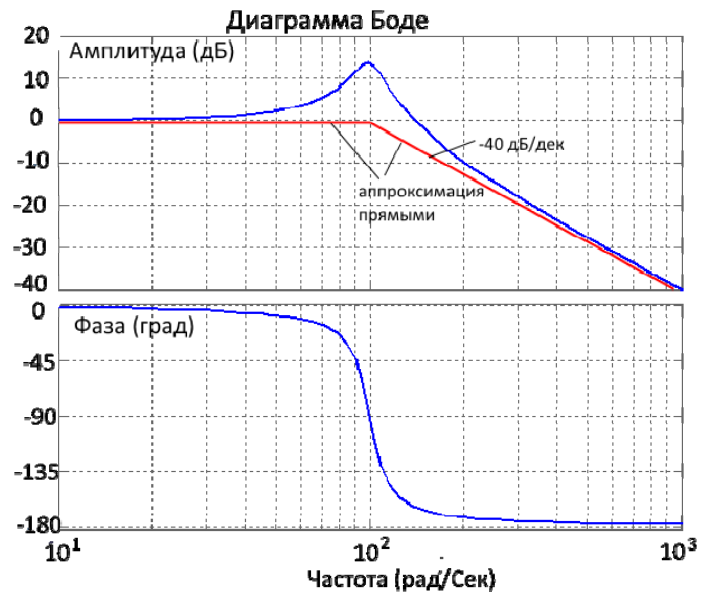
Критерий Найквиста позволяет по **виду амплитудно-фазовой характеристики (годографа Найквиста)** разомкнутой системы оценить устойчивость работы замкнутой системы. Для того чтобы система, которая в разомкнутом состоянии была устойчива, сохраняла устойчивость и в замкнутом положении, необходимо, чтобы годограф Найквиста при изменении частоты от нуля до бесконечности не охватывал точку с координатами  $(-1; j0)$ . В дальнейшем частотный подход Найквиста был развит в работе советского ученого **А. В. Михайлова** «Гармонический метод в теории регулирования» (1938), где предлагался новый критерий, не требующий предварительного размыкания цепи регулирования.

Гарри Найквист известен также работами в области обработки и передачи сигналов и теории информации. Работая в компании AT&T's и Лаборатории Белла, Гарри Найквист провёл исследования по теории теплового шума («**шум Джонсона-Найквиста**»). Совместно с Гербертом Ивсом он в 1924 году разработал один из первых в мире факсимильных аппаратов.

В статье «Определённые проблемы теории телеграфной передачи» (1928) Найквист определил, что число импульсов, которые могут быть переданы в единицу времени, ограничено двойной шириной частотного диапазона канала связи (в англоязычной литературе частота, равная половине частоты дискретизации, обычно называется **частотой Найквиста**). Сходные результаты были получены советским учёным В. А. Котельниковым и в русскоязычной литературе обычно называются теоремой Котельникова.



Хендрик Ваде Боде  
(1905–1982)



Логарифмические частотные  
характеристики (диаграмма Боде)

Новый этап в развитии теории управления наступил с введением **частотных методов** анализа и синтеза систем автоматического управления (САУ), что открыло широкие возможности для аналитического исследования качества регулирования и создания теории синтеза САУ.

В работах 1938–1946 годов американский ученый **Х. Боде** ввел понятие **логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ)** – представления частотного отклика линейной системы в логарифмическом масштабе. ЛЧХ обычно строятся в виде графиков: **логарифмических амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ)** и **фазочастотной характеристики (ЛФЧХ)**. ЛАЧХ – это зависимость выраженного в децибелах модуля коэффициента усиления  $20 \lg (|A_{\text{вых}}|/|A_{\text{вх}}|)$  от выраженной в **декадах** (изменение в 10 раз) или **октавах** (изменение в два раза) частоты в логарифмическом масштабе, ЛФЧХ – зависимость фазы выходного сигнала от частоты в полулогарифмическом масштабе. Для более наглядного анализа характеристик участки кривых ЛАЧХ часто заменяются отрезками ломаной прямой. С помощью ЛЧХ оказалось удобно оценивать устойчивость и качество систем управления и осуществлять их синтез в соответствии с заданными критериями, что обусловило их широкое применение в теории управления.

Используя частотные методы синтеза САУ, Х.Боде удалось разработать ряд электронных автоматических систем наведения зенитной артиллерии, что позволило англо-американской ПВО успешно бороться с немецкой авиацией и реактивными снарядами Фау-1 в ходе Второй мировой войны.

В 1948–1952 годах частотный метод получил дальнейшее развитие в работах советского ученого **В. В. Солодовникова**. Им были установлены критерии и предложены теоремы, позволяющие судить о качестве и характере переходного процесса непосредственно по частотным характеристикам, разработан метод трапецеидальных частотных характеристик.

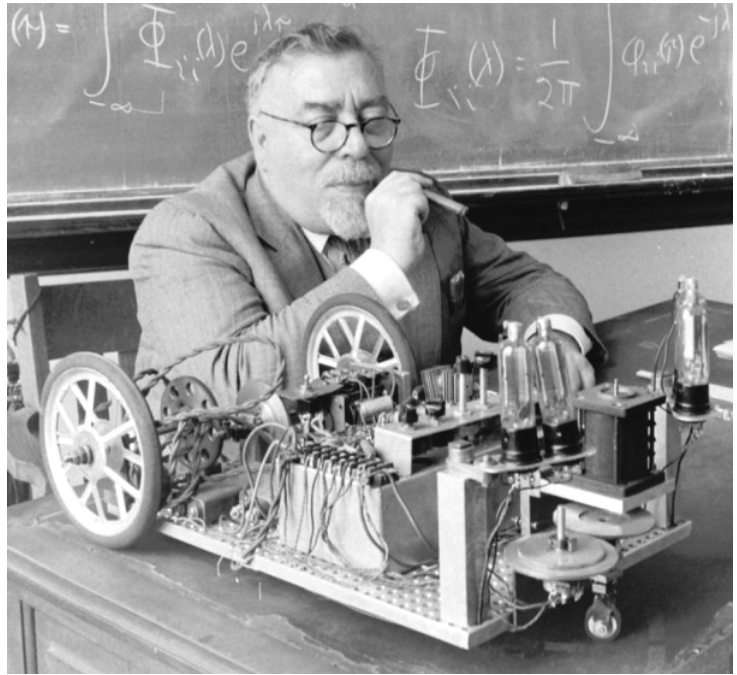
Весь окружающий нас мир компьютеров, все современные методы обработки, преобразования и использования информации – практический результат развития науки под названием «**кибернетика**». Науку, которую создал выдающийся американский ученый, профессор математики **Норберт Винер**.

Талант Винера проявился рано. Среднюю школу он окончил, когда ему исполнилось одиннадцать, в возрасте четырнадцати лет получил степень бакалавра, в восемнадцать стал доктором философии Гарвардского университета по специальности «математическая логика».

С 1919 года Винер становится преподавателем Массачусетского технологического института. Изучая теорию радиационного равновесия звезд, Винер получает **уравнение Винера–Хопфа**, применяемое при решении задач фильтрации полезного сигнала из его смеси с шумом. В 1930 году доказывает **теорему Винера–Хинчина** утверждающую, что спектральной плотностью мощности стационарного случайного сигнала является преобразование Фурье автокорреляционной функции сигнала. Теорема Винера–Хинчина нашла применение в системах обработки и передачи сигналов и системах автоматического управления. В 1942 году, решая задачу автоматизации систем противовоздушной обороны, Винер разработал **фильтр Винера**, широко используемый и сегодня для подавления шумов на сигналах и изображениях.

В 1948 году вышел главный труд Н. Винера – книга «Кибернетика, или управление и связь в животном и машине». Термин «кибернетика», изначально означавший искусство кормчего, использовался еще древнегреческим мыслителем **Платоном** для обозначения искусства государственного деятеля, а в 1834 году **А.-М. Ампер** определил кибернетику как науку об управлении государством. В современном же понимании – наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в технике, живых организмах и обществе – термин впервые был предложен Винером.

Н. Винер первым понял принципиальное значение информации в процессах управления, указал, что появление цифрового компьютера поднимает вопрос о качественно новом уровне взаимодействия человека с машиной. Он считал основным интерактивный режим общения с компьютером, опередив свое время, предполагал, что компьютеры могут быть не только средством вычислений и моделирования, но и служить инструментом коммуникаций.



**Норберт Винер**  
(1894–1964)



Ричард Эрнст Беллман  
(1920–1984)



Станислав Мартин Улам  
(1909–1984)

Значительный вклад в теорию процессов принятия решений и теорию управления системами, в частности, за создание и применение **динамического программирования**», – как было сказано в решении о награждении Медалью почета от Института электрической и электронной инженерии (IEEE), – внес один из ведущих специалистов в области математики, вычислительной техники и теории управления американец **Ричард Беллман**.

Словосочетание «динамическое программирование» впервые было использовано в 1940-х годах Р. Беллманом для описания процесса нахождения решения задачи, где ответ может быть получен только после решения задачи, предшествующей ей. При этом обычно все подзадачи, которые впоследствии понадобятся для решения исходной задачи, просчитываются заранее и затем используются для решения исходной задачи. Уравнение динамического программирования Беллмана позволяет подобрать решение к широкому классу задач оптимального управления и определить оптимальное значение для управляемой динамической системы.

Другой эффективный вычислительный алгоритм разработал американский математик, родившийся во Львове (ныне Украина), **Станислав Улам**. В ходе работ по созданию водородной бомбы в рамках ядерного проекта Лос-Аламосской лаборатории С. Улам в 1949 году совместно с **Дж. фон Нейманом** предложил нашедший в дальнейшем широкое применение в теории управления метод статистических испытаний – так называемый **Метод Монте-Карло**. В основу метода положено решение вычислительной задачи путем построения случайного процесса с параметрами, равными искомым в задаче величинам. Метод получил название в честь коммуны в княжестве Монако, широко известном своими казино, поскольку именно рулетка является одним из наиболее популярных **генераторов случайных чисел**.

Дискретные автоматические системы возникли на заре развития техники автоматического регулирования – достаточно вспомнить прерывистые и релейные регуляторы паровых машин, импульсную радиосвязь и радиолокацию. Особенно интенсивное развитие они получили с появлением в контуре управления цифровых вычислительных машин, в которых передача и преобразование информации носят дискретный характер.

Однако адекватной теории цифровых систем управления долгое время не существовало, что затрудняло их разработку. Существенный вклад в развитие теории импульсных и цифровых систем внесли американский ученый **Э. И. Джури** (на фото слева) и советский ученый **Я. З. Цыпкин** (справа).

Э. И. Джури родился в Багдаде (ныне Ирак) и долгое время преподавал в университете Беркли (США). В своих работах Джури построил теорию импульсных систем на основе так называемого **Z-преобразования** (иногда называемого преобразованием Лорана) – аналога преобразования Лапласа для дискретных систем. Джури также ввел **модифицированное (смещённое) Z-преобразование** – более общий случай обычного Z-преобразования, содержащего идеальное запаздывание с величиной, кратной частоте дискретизации, предложил критерий устойчивости для дискретных систем.

Академик Я. З. Цыпкин внес существенный вклад в теорию систем с запаздыванием, релейных систем («критерий Цыпкина» и «годограф Цыпкина»), адаптивных и обучающихся систем. В работах 1949–1950 годов он развил Z-преобразование, применив его к изучению **импульсных систем**, интерес к которым значительно вырос в это время в связи с появлением импульсной радиосвязи, радиолокации и цифровых вычислительных машин. Этот подход нашел множество применений, особенно в цифровой фильтрации и обработке сигналов. Полученные им результаты нашли также применение в новых разделах науки, таких как распознавание образов, цифровая обработка сигналов, робастное управление (критерий Михайлова–Цыпкина–Поляка).

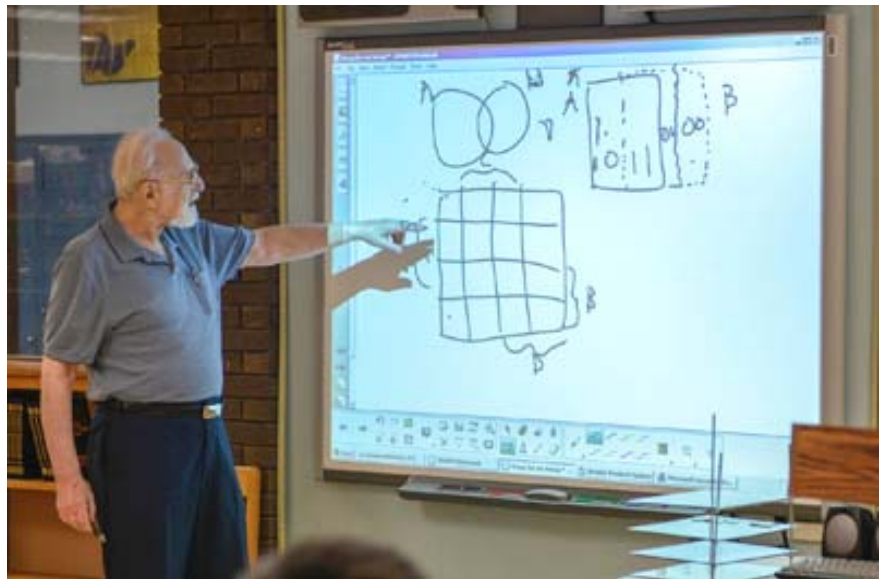
Цыпкин прилагал значительные усилия для развития мировой науки, являясь членом руководящих органов **Международной федерации автоматического управления IFAC**, создал всемирно известные научные школы в Московском энергетическом институте, Институте проблем управления.



Элиаху Ибрахам Джури (р. 1923)  
и Яков Залманович Цыпкин  
(1919 – 1997)



В 1950-е годы по мере развития систем автоматизации, в том числе цифровых, и совершенствования элементной базы возникла необходимость в создании теории, позволяющей синтезировать элементы и устройства вычислительной техники и цифровых систем управления. Было установлено, что математически работа цифровых устройств лучше всего описывается алгеброй логики, или булевой алгеброй, разработанной еще в XIX веке английским математиком **Джорджем Булем**, а технической основой цифровых автоматов могут служить логические элементы **И, ИЛИ, НЕ**.



Морис Карно (р. 1924)

В зависимости от особенностей функционирования различают два главных типа цифровых автоматов: комбинационные схемы и цифровые автоматы с памятью. Комбинационные схемы – устройства, выходной сигнал которых зависит только от комбинации входных сигналов. В них отсутствуют элементы памяти, и они не способны сохранять выходное значение.

В 1952 году американский ученый **Эдвард Вейч** в работе «Метод диаграмм для минимизации логических функций» предложил графическую процедуру оптимизации логических схем, получившую впоследствии название «**диаграммы Вейча**». В 1953 году на основе диаграмм Вейча американский физик, сотрудник «Bell Labs» **Морис Карно** разработал метод минимизации булевых функций, известный сегодня как **карты Карно**. В отличие от диаграмм Вейча в карту Карно булевы переменные передаются из таблицы истинности и упорядочиваются с помощью **кода Грея**, в котором каждое следующее число отличается от предыдущего только одним разрядом.

Другой класс логических схем составляют автоматы с внутренней памятью, в которых выходные сигналы зависят не только от входных значений, но и от внутреннего состояния. Такие схемы называют **последовательностными**. Среди последовательностных синхронных автоматов выделяют два основных типа: **автомат Мили** и **автомат Мура**. Если выходные значения зависят только от внутреннего состояния, то такой автомат называют автоматом Мура. Автомат Мура назван в честь американского ученого **Эдварда Ф. Мура**, опубликовавшего результаты своих исследований в 1956 году.

Если же выходные значения зависят как от внутреннего состояния, так и от входных сигналов, то автомат называется автоматом Мили (по имени предложившего в 1955 году идею таких автоматов **Джорджа Мили**).

Основы математической теории **оптимального управления** заложил выдающийся советский ученый **Лев Семенович Понтрягин**. Несмотря на потерю в 14 лет зрения в результате несчастного случая, он добился выдающихся результатов в различных областях фундаментальной и прикладной математики.



**Лев Семенович Понтрягин**  
(1908–1988)

Наиболее известной из прикладных работ Льва Семеновича является так называемый **принцип максимума Понтрягина** –

система соотношений, которая позволяет находить оптимальное управление для очень широкого класса задач.

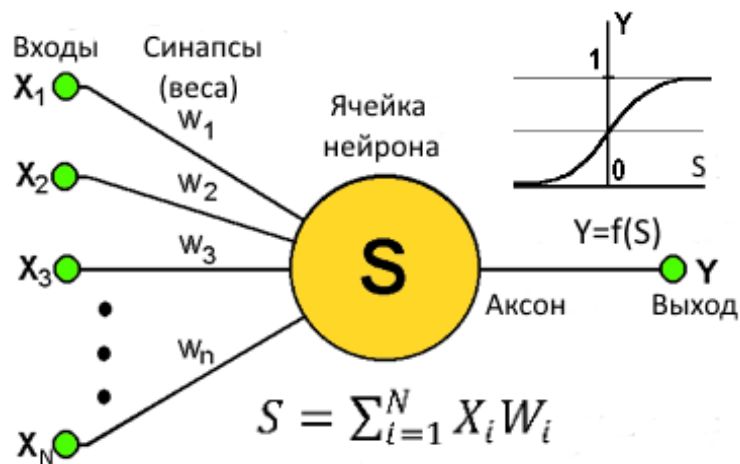
Необходимость в разработке алгоритмов оптимального управления была обусловлена широким внедрением систем автоматического управления мощными энергопотребляющими объектами: прокатными станами, сушильными печами, морскими и воздушными судами, атомными и химическими реакторами. Такие системы должны обеспечивать высокую точность и быстродействие при минимальном расходе ресурсов. Существовавшие в 1950-е годы методы синтеза оптимальных систем на основе **вариационного исчисления** не всегда могли удовлетворить разработчиков.

Непосредственным толчком к созданию принципа максимума послужило выступление на организованном Понтрягиным семинаре специалиста по авиационным системам управления **Александра Ароновича Фельдбаума**, сформулировавшего вставшую перед ним задачу – найти наилучший режим преследования одного летательного аппарата другим. Лев Семенович привлек своих учеников – **Р. В. Гамкредзе**, **В. Г. Болтянского**, **Е. Ф. Мищенко**, и уже в 1958 году ими был сформирован принцип максимума, позволяющий решать самые сложные задачи автоматического управления, например, выбор оптимального режима ракеты-перехватчика. Теперь при одном и том же стартовом весе ракета могла по наилучшей траектории преодолевать большие расстояния за значительно меньшее время по сравнению с традиционным на тот момент управлением по «ошибке регулирования». На основе принципа максимума было обосновано положение о том, что когда управляющие воздействия входят в уравнение линейно, оптимальное управление представляет собой скачкообразно меняющуюся величину.

Кроме теории управления, Л. С. Понтрягиным получены важные результаты в **топологии**, **теории игр**, **теории колебаний**. Большое внимание Лев Семенович уделял вопросам преподавания математики в средней школе.



Фрэнк Розенблатт  
(1928–1971)



Структура искусственного  
нейрона

В последние годы получили широкое распространение информационно-управляющие системы на основе **искусственных нейронных сетей (НС)**. Актуальность исследований в этой области подтверждается широтой применений НС – распознавание образов, адаптивное и оптимальное управление, экспертные системы, организация ассоциативной памяти и многое другое.

Основу каждой НС составляют **нейроны** – простейшие, обычно однотипные элементы, имитирующие работу клеток мозга. Математическая модель искусственных нейронов была предложена в 1943 году американцами **Уорреном Маккалоком** и **Уолтером Питтсом** вместе с моделью сети, состоящей из этих нейронов. Каждый нейрон обладает группой **синапсов** – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, причем каждая связь характеризуется своим весом. Выходную связь нейрона, с которой сигнал поступает на синапсы следующих нейронов, называют **аксоном**. **Передаточная функция нейрона  $f(s)$**  определяет зависимость сигнала на выходе нейрона от взвешенной суммы сигналов на его входах.

Одной из первых практически полезных нейросетей стал **персептрон** – компьютерная модель восприятия информации мозгом, предложенная американским ученым **Фрэнком Розенблаттом** в 1957 году и реализованная в виде электронной машины (первого в мире нейрокомпьютера) «Марк-1» в 1960 году. Демонстрация персептона Розенблатта показала, что простые НС могут обучаться и обеспечивать распознавание зрительных образов.

В 1982 году американец **Джон Хопфилд** показал, что нейронная сеть с обратными связями может представлять собой систему, минимизирующую энергию, а финн **Теuvo Кохонен** представил модели сети, обучающейся без учителя (нейронная сеть Кохонена), решающей задачи кластеризации, визуализации данных и другие задачи предварительного анализа информации.

В автоматических регуляторах нейронные сети используются двумя путями: для построения самого регулятора и для построения блока настройки его коэффициентов. Особенностью **нейрорегулятора** является способность к обучению методом градиентного поиска или симплекс-методом Нелдера–Мида, что позволяет передать нейронной сети опыт эксперта.



Чарльз Франклин Кеттеринг  
(1876–1958)



Ральф Титор  
(1890–1982)

Современный автомобиль трудно представить без множества электронных автоматических систем. Автомобильное электрооборудование настолько разнообразно, что трудно даже перечислить все задачи, которые решает **автомобильная электроника**. В современных автомобилях устанавливается автосигнализация, системы управления впрыском топлива, автоматические парковочные системы **Парктроник**, антиблокировочные системы.

Любопытно, что разработал основные электрические системы автомобиля один человек – американский инженер **Чарльз Кеттеринг**. В 1909–1912 годах Кеттеринг изобрел электростартер, автомобильный электрогенератор и систему освещения салона, а в 1912 году появилась новая модель автомобиля Кадиллак с разработанным Кеттерингом **аккумуляторным зажиганием**. В числе изобретений Кеттеринга – этилированный и высокооктановый бензин, быстросохнущая краска для автомобилей, воздушный кондиционер, аппарат для искусственной вентиляции легких. В 1928 году Кеттеринг предложил новый хладагент для холодильников – фреон.

С развитием микроэлектроники появились устройства управления трансмиссией, впрыском топлива, тормозами и, главное, **круиз-контроль** – устройство, поддерживающее постоянную скорость автомобиля, автоматически прибавляя газ при снижении скорости движения и уменьшая при её увеличении. **Адаптивный круиз-контроль** на основе данных от радиолокационных датчиков обеспечивает соблюдение дистанции до других участников движения с возможностью автоматической смены скорости. Запатентовал круиз-контроль в 1945 году американский инженер **Ральф Титор**, а первым автомобилем, оснащенным такой системой, стал Крайслер Имperiал 1958 года выпуска. Из-за аварии в детском возрасте Ральф потерял зрение, но это не помешало ему изобрести ряд полезных приборов для автомобиля.

При решении многих инженерных и экономических задач широко используется так называемый **фильтр Калмана** – эффективный рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы. Фильтр назван в честь **Рудольфа Калмана**, американского математика и специалиста в области теории управления.

Р. Калман родился в 1930 году в Будапеште и получил образование в Массачусеттском технологическом институте (США). С 1958 по 1964 годы Калман работает в Институте перспективных исследований в Балтиморе. В эти годы им была разработана методика синтеза фильтра, получившего впоследствии имя Калмана.

Основываясь на работах **Н. Винера**, **А. Н. Колмогорова**, **К. Шеннона**, Р. Калман предложил технику оценки вектора состояния системы управления с использованием неполных и неточных (зашумленных) измерений. Алгоритм калмановской фильтрации работает в два этапа. На этапе прогнозирования фильтр Калмана экстраполирует значения переменных состояния. На втором этапе по данным, полученным с некоторой погрешностью измерений, результат экстраполяции уточняется. Фильтр Калмана нашел широкое применение в различных областях техники, в частности, при решении задач идентификации объектов адаптивного управления, а также для выделения полезной составляющей сигналов датчиков состояния, которые поступают на устройство управления по зашумленным каналам связи. Совместно с **линейно-квадратичным регулятором** фильтр Калмана позволяет решить задачу линейно-квадратичного гауссовского управления.

Популярность фильтра Калмана связана, с одной стороны с широким кругом областей его применения (радиолокация, навигация, связь, системы управления и наведения летательных аппаратов, системы технического зрения), с другой – с простотой его программной и аппаратной реализации. Фильтр Калмана был включен в компьютерную систему навигации космических кораблей «Аполлон» и «Спейс шаттл», системы управления и навигации МКС, в навигационные системы крылатых ракет «Томагавк». За создание фильтра 7 октября 2009 года президент США Барак Обама наградил Калмана Национальной медалью науки.

Р. Э. Калманом были решены и другие задачи теории управления и общей теории систем. В частности, им были введены такие понятия, как **управляемость и наблюдаемость**, которые легли в основу структурной теории сложных систем управления, доказана частотная теорема (**лемма Якубовича–Калмана**) – один из краеугольных камней теории управления.



Рудольф Эмиль Калман  
(1930–2016)



Карел Чапек  
(1890–1938)



Промышленный робот  
для сварочного производства

Термин **робот** (от чешск. *Robota* – подневольный труд) был изобретен чешским писателем **Карелом Чапек** и его братом Йозефом и впервые использован в пьесе «*R. U. R.*» («Россумские универсальные роботы», 1921). В пьесе под роботом подразумевалась машина с антропоморфным строением и поведением – «механический человек». После постановки пьесы Чапека слово «робот» укоренилось во многих языках, а уже на Всемирной выставке 1927 года в Нью-Йорке инженер **Д. Уэнсли** продемонстрировал простейшего робота «*Televox*», способного выполнять команды оператора.

В 1954 году **Джордж Девол** разработал первый в мире программируемый **робот-манипулятор**, считывающий команды с магнитного барабана. Промышленные роботы, получившие название **Unimate**, были внедрены в 1962 году на заводах компании *General Motors* для работы с литыми деталями, которые робот извлекал в горячем состоянии из отливочных форм. Чуть позже разработку оценили автопроизводители *Chrysler* и *Ford*, а затем и весь промышленный мир. Любопытно, что при внедрении робототехнических систем **Д. Девол** и **Джо Энгельбергер** пытались учитывать сформулированные в 1942 году американским писателем-фантастом **Айзеком Азимовым** законы, обуславливающие взаимоотношения робота и человека.

В 2013 году мировой объём продаж промышленных роботов составил 178132 единицы. Роботы способны переносить грузы по пересеченной местности, выполнять различные работы в космосе и в агрессивных средах, проводить хирургические операции, убирать помещения, разминировать местность, изображать домашних животных, играть на музыкальных инструментах и многое другое. **Гибкие автоматизированные производства**, создаваемые на базе промышленных роботов, позволяют решать задачи автоматизации на предприятиях с широкой номенклатурой продукции при мелкосерийном и штучном производстве.

**Харьковский приборостроительный завод имени Т. Г. Шевченко (ХПЗ)** – одно из крупнейших в Украине приборостроительных предприятий, владеющее широким спектром современных технологических процессов.

История завода начинается в 1900 году, когда харьковским предпринимателем Г. А. Берлизовым был основан чугуномеднолитейный машиностроительный и котельный завод. В 1922 году национализированному предприятию было присвоено имя Т. Г. Шевченко. В течение длительного времени завод выпускал различную машиностроительную продукцию гражданского и военного назначения, пока в 1949 году не был передан в подчинение Министерству промышленности средств связи СССР.

С этого момента предприятие переключилось на разработку и производство авиационной и радиолокационной аппаратуры, специальной аппаратуры для ракетно-космической техники, в том числе для первого искусственного спутника Земли и космического корабля «Восток», пилотируемого Ю. А. Гагариным, бортовой и наземной аппаратуры управления баллистическими ракетами, систем управления космическими объектами.

Другим важным направлением деятельности предприятия стало проектирование и производство **автоматизированных систем управления турбинами**, оборудования машзалов АЭС. Во многих лечебных учреждениях применялись диагностические и терапевтические медицинские приборы производства ХПЗ.



Магнитоаудиола  
«Романтика-105» (1972)

Большой популярностью у населения пользовалась радиоаппаратура с маркой ХПЗ: радиоприемники, магнитофоны, магнитоаудиолы.

Сегодня Завод имени Т. Г. Шевченко производит АСУ ТП и программное обеспечение для атомных, тепловых, гидро- и ветроэлектростанций, цифровые автоматические телефонные станции, кроссовое оборудование и другие средства телекоммуникации, охраны и сигнализации, медицинские приборы, электронные приборы для бронетехники.



Аппарат ультразвуковой  
для ЛОР-хирургии «УЗОР-05»



Владимир Григорьевич  
Сергеев (1914–2009)

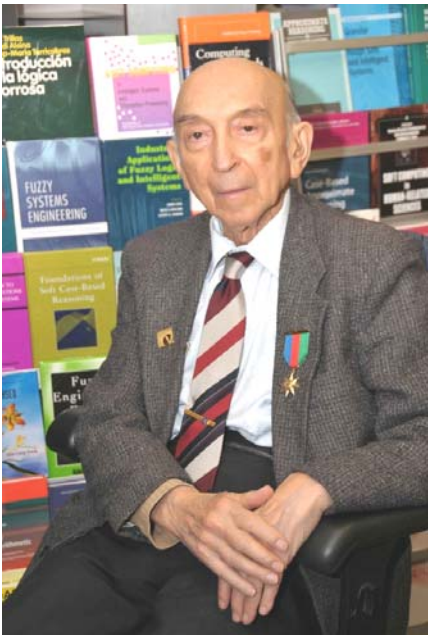


Крупнейшей организацией в Украине, создававшей системы управления для ракет и космических аппаратов, было и остаётся **Харьковское научно-производственное предприятие «Хартрон»** (ранее ОКБ-692, «Электроприбор», КБЭ, п/я 67), созданное в 1959 году по инициативе академика **М. К. Янгеля**. Хартрон разработал системы управления ракет-носителей, осуществивших вывод на околоземную орбиту более 1000 космических аппаратов, в том числе первого искусственного спутника Земли, ракеты-носителя «Энергия», ракеты-носителя «Циклон», орбитальных модулей «Квант», «Спектр», «Кристалл», «Природа», 152 спутников серии «Космос» и других объектов. Специалисты Хартрона создали также системы управления межконтинентальных баллистических ракет Р-36М (по классификации НАТО – SS-18 «Сатана») и УР-100Н (SS-19 «Стилет»).

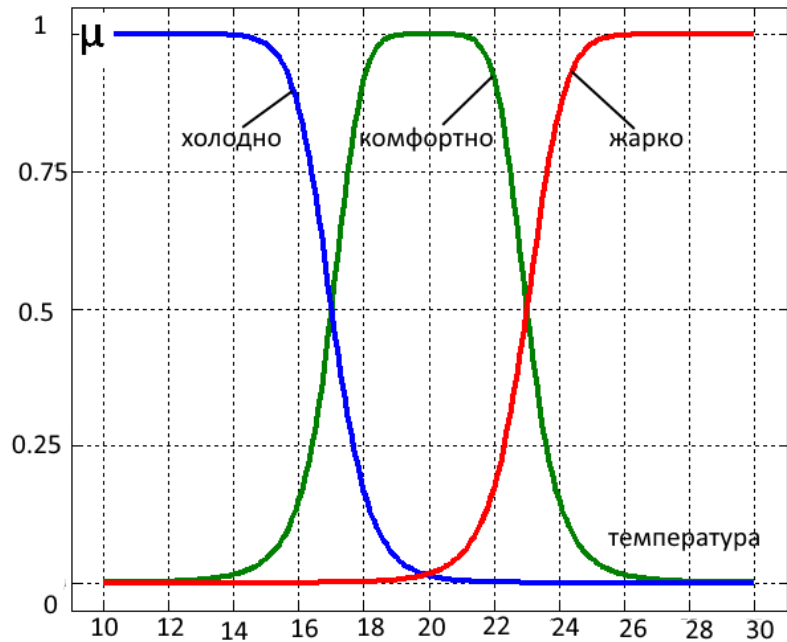
Первым главным конструктором предприятия был назначен **Борис Михайлович Коноплев**. За год под его руководством была разработана система управления стратегической ракеты Р-16. Трагическое событие – катастрофа ракеты во время испытаний 24 октября 1960 года оборвала его жизнь. С 1960 по 1986 год объединением руководил выдающийся учёный в области динамики систем автоматического регулирования, проектирования сложных систем автоматического управления академик АН Украины **Владимир Григорьевич Сергеев**. Сергеев возглавлял работы по созданию системы управления ракеты-носителя многоразовой космической транспортной системы «Энергия – Буран», имевшей неофициальное название «Советский Шаттл» (завершающий этап проектирования выполнялся под руководством **Я. Е. Айзенберга**).

В настоящее время ПАО «Хартрон» организационно подчинено Государственному космическому агентству Украины. Предприятием разработаны и внедрены в эксплуатацию системы управления ракет-носителей «Днепр» (головной разработчик «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля). «Хартрон» работает также в таких сегментах рынка, как энергетика, в том числе атомная, железнодорожный транспорт, медицина, военная техника.





Лотфи Алиаскер Заде  
(р. 1921)



Функция принадлежности переменной  
«температура в комнате»

В 1965 году была опубликована статья под названием «**Fuzzy sets**» американского математика азербайджанского происхождения **Л. Заде**. Это название обычно переводится на русский язык как **нечеткие множества** (англ. *fuzzy* – пушистый, неясный, неопределенный). Существующие к тому моменту проблемы с созданием интеллектуальных систем, способных адекватно взаимодействовать с человеком, породили потребность в создании математического аппарата, который переводит неоднозначные утверждения в язык формальных математических формул (по легенде, толчком к появлению работ Заде был его спор с приятелем, какая из знакомых девушек красивее).

Нечеткое множество рассматривается как объект с **функцией принадлежности** элемента к множеству, принимающей любые значения в интервале  $[0, 1]$ . Например, **лингвистическая переменная** «температура в комнате» может принимать значения «холодно», «комфортно» и «жарко», причем определенные значения температуры могут принадлежать со значениями, большими нуля, одновременно нескольким множествам.

**Управление на основе методов теории нечетких множеств** используется при недостаточном знании объекта управления, но наличии практического опыта управления им. Примером может быть доменная печь, математическая модель которой содержит много эмпирических коэффициентов, изменяющихся в широком диапазоне и вызывающих затруднения при идентификации. В то же время квалифицированный оператор успешно управляет такими объектами, пользуясь показаниями приборов и накопленным опытом.

**Регуляторы с нечеткой логикой** в настоящее время используются в системах для наведения телекамер, кондиционирования воздуха, при управлении автомобильными двигателями и бытовыми приборами, в роботизированных складских системах, при распознавании текстов и рисунков, медицинской диагностике и в других областях.



## Современные программируемые логические контроллеры

ной, простой в эксплуатации и настройке, легко перепрограммируемой и надежной. Тендер выиграла компания **Bedford Associates**, которую возглавлял **Ричард Морли**, разработавшая микропроцессорное устройство, которое позволяло коммутировать подключенные к нему сигнальные входы в соответствии с заданными логическими условиями. Эти условия задавались посредством программы управления, которая составлялась на экране компьютера и загружалась в память контроллера. Так появился первый **программируемый логический контроллер (ПЛК) Modicon 084** (MODular DIgital CONtrol – модульное цифровое управление), имеющий 4 кБ памяти.

Термин ПЛК ввел **Одо Джозеф Страгер** из компании **Allen-Bradley** в 1971 году. Он же сыграл ключевую роль в унификации языков программирования ПЛК и принятии стандарта **IEC61131-3**, описывающего языки программирования для программируемых логических контроллеров.

В состав современных ПЛК, как правило, входит центральный процессор, память, сетевые интерфейсы и устройства ввода-вывода. Часто эта конфигурация дополняется устройством для программирования и пультом оператора, устройствами индикации, реже – принтером, клавиатурой, мышью.

Для программирования ПЛК используется ряд специальных языков, среди которых выделяются языки релейных схем, функциональных блоков и диаграмм состояния. Значительно упростить этот процесс могут системы **SCADA** (от англ. *supervisory control and data acquisition* – диспетчерское управление и сбор данных) – программные пакеты для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки и отображения информации об объекте управления, которые часто комплектуются дополнительным программным обеспечением для программирования ПЛК.

В 1960-е годы **системы управления технологическими процессами** получили широкое распространение в различных отраслях промышленности. В большинстве случаев эти системы реализовывались в виде шкафов с набором соединённых между собой реле и контакторов с жестко заданным алгоритмом управления.

Ситуация коренным образом изменилась в связи с появлением в 1970-х годах полупроводниковых запоминающих устройств, программируемых логических матриц и микропроцессоров. В 1968 году компания **General Motors** объявила тендер на создание системы, которая заменила бы релейную логику. Разработанная система должна была быть компактной,



Константин Иванович  
Диденко(1929–2001)

Одним из первых в СССР разработчиков и изготовителей программируемых контроллеров было **Научно-производственное объединение систем автоматического управления (НПО САУ)** в Харькове. Возникнув на базе завода контрольно-измерительных приборов, предприятие в 1961 году стало самостоятельной организацией. Среди разработанных объединением средств и систем автоматики наибольшее распространение получили комплекс технических средств для локальных информационно-управляющих систем «**КТС ЛИУС**» и программно-аппаратный комплекс «**МикроДАТ**» (Микропроцессорные Средства Диспетчеризации, Автоматизации, Телемеханики).

Разработанные в НПО САУ системы управления использовались на многих украинских и зарубежных предприятиях металлургической, горнодобывающей, машиностроительной промышленности и в других отраслях. За участие в создании АСУ ТП водоснабжения Харькова сотрудники предприятия удостоены Государственной премии Украины.

Длительное время объединением руководил доктор технических наук профессор **К. И. Диденко**. Им была создана концепция агрегатных комплексов технических средств Государственной системы приборостроения, проведен анализ функциональных задач комплексов, разработана методология проектирования и конструирования агрегатных средств и разработки проектной компоновки. В 1998–2001 годах профессор Диденко возглавлял кафедру «Измерительно-информационная техника» НТУ «ХПИ».



Система управления доменной печью  
на основе комплекса «МикроДАТ»

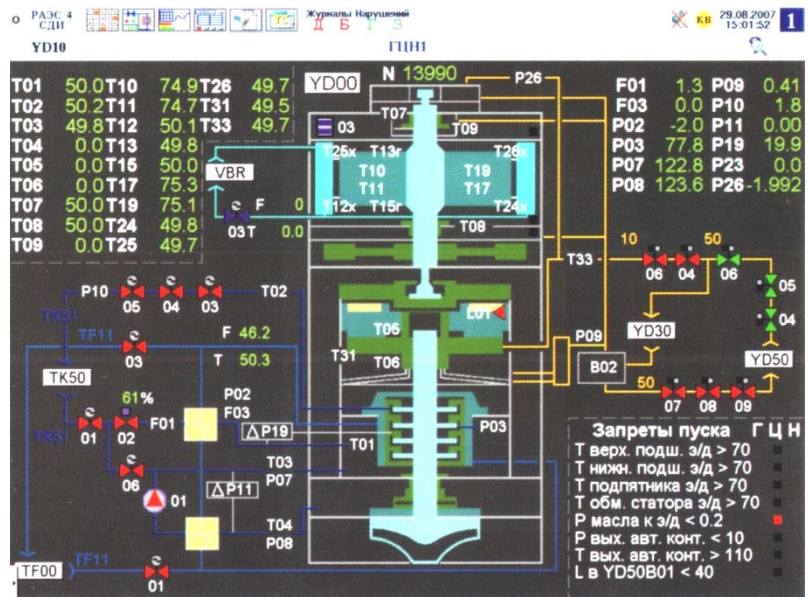


Рабочее место оператора МикроДАТ

**Харьковский научно-исследовательский институт комплексной автоматизации (ХИКА)** – один из ведущих в Украине разработчиков информационно-вычислительных (ИВС) и управляющих (УВС) систем для тепловых и атомных электростанций. Основан институт в 1960 году как лаборатория Всесоюзного центрального НИИ комплексной автоматизации. Первой разработкой института стала специализированная вычислительная машина для управления блоком 50 МВт ХарГЭС-2.

К настоящему времени ХИКА разработал и внедрил более 50 ИВС и УВС в составе АСУ ТП энергоблоков мощностью 200, 300 и 800 МВт ТЭС и мощностью 440 и 1000 МВт АЭС с реакторами типа ВВЭР-440 и **ВВЭР-1000** (ВВЭР – Водяной Энергетический Реактор) на электростанциях Украины, России, Китая и Болгарии. Проектируются ИВС и УВС энергоблоков Хмельницкой и Ровенской АЭС, а также проводится модернизация аналогичных систем на действующих энергоблоках Запорожской АЭС и ХарГЭС-5 (Украина).

Разработанная институтом система внутриреакторного контроля **СВРК-М** для энергоблоков с реактором ВВЭР-1000 представляет собой multifunctional интегрированную систему и обеспечивает контроль технологических процессов в реакторной установке, в том числе – главном циркуляционном насосе (ГЦН). Система позволяет оптимизировать параметры процессов в реакторе, отображать и архивировать состояние активной зоны и теплоносителя первого контура реактора.



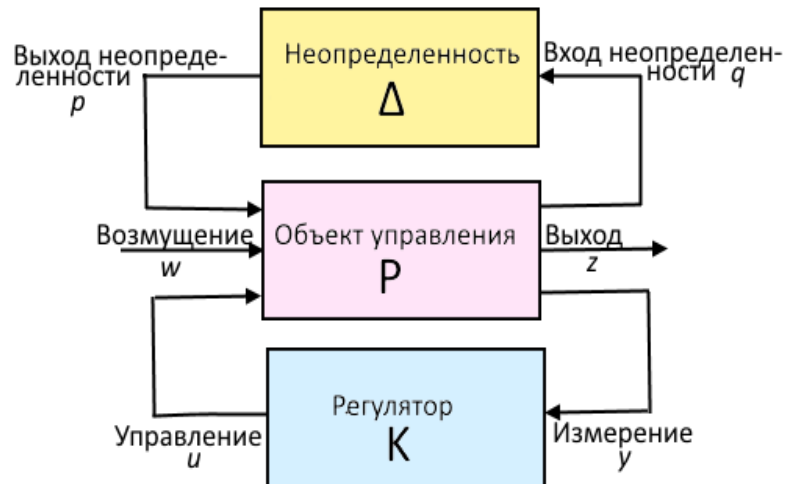
Мнемосхема контроля и управления работой ГЦН блока ВВЭР-1000



Блочный щит управления блока № 4 Ровенской АЭС



Джордж Зеймс  
(1934–1997)



Структура робастной системы  
управления

При разработке систем управления обычно не возникает проблем, если изменения внутренних свойств объекта управления  $P$  и возмущающие воздействия  $w$  не оказывают существенного влияния на выходную величину  $z$ , или если характер изменения внутренних свойств объекта и возмущающих воздействий известен заранее и может быть учтен в законе управления. Однако, в промышленных условиях параметры объекта можно определить лишь приближенно, кроме того, они могут изменяться в процессе эксплуатации, что приводит к присутствию в модели объекта некой **неопределенности**  $\Delta$ . Игнорирование этого обстоятельства может привести не только к ухудшению ожидаемого качества управления, но даже к потере системой устойчивости. Поэтому требуется, чтобы разработанный регулятор обеспечивал устойчивость и приемлемое качество системы при малых отклонениях параметров объекта и внешних возмущений от номинальных моделей.

Эта задача решается с помощью так называемой **робастной** (от англ. *Robust* – прочный, надежный) **теории управления** – совокупности методов теории управления, целью которых является синтез такого регулятора, который обеспечивал бы хорошее качество управления (к примеру, запасы устойчивости), если объект управления отличается от расчётного или его математическая модель неизвестна. Таким образом, **робастность** означает малое изменение выхода замкнутой системы управления при малом изменении параметров объекта управления.

Основы теории анализа и синтеза **робастных систем** были заложены в 1970–80-х годах в работах канадского ученого **Джорджа Зеймса**, где впервые появился сам этот термин, были получены условия робастной устойчивости и качества систем. В трудах британских ученых **Кейта Гловера** и **Дункана МакФарлейна** был предложен достаточно простой, но обеспечивающий приемлемые результаты метод так называемого  **$H_\infty$ -синтеза робастных систем**, другие авторы предложили ЛМН- и  $\mu$ -контроллеры. Современные робастные системы управления могут сочетать черты, как классического управления, так и адаптивного и нечёткого.

## 4. От абака до фейсбука

С необходимостью проводить арифметические операции различной степени сложности человечество столкнулось в глубокой древности. Уже на заре цивилизации были изобретены системы счисления и методы вычислений, позволяющие вести торговлю, прокладывать курс кораблей, проводить расчеты, необходимые для управления государством.

Для облегчения вычислений были изобретены специальные инструменты – первоначально примитивные ручные приспособления: различные виды абаков и счетов. Значительно упростили процесс арифметических вычислений механические устройства: палочки Непера, логарифмические линейки, арифмометры. В первой половине XX века был сделан еще один значительный шаг в вычислительной технике – появились программируемые компьютеры, первоначально электромеханические, затем – электронные, на основе вакуумных ламп, транзисторов и интегральных схем.

Но настоящая революция в технике обработки информации произошла в 1970-х годах, когда был изобретен микропроцессор. Возможность размещения на миниатюрном полупроводниковом кристалле первоначально тысяч, а затем миллионов и миллиардов логических элементов не просто ускорила процесс вычислений. Персональные компьютеры позволили не только быстро производить математические вычисления, но и коренным образом изменили ситуацию в промышленности, связи, образовании, быту, социуме.

Развитие информационных технологий привело к глубоким переменам на рынке труда и послужило толчком к развитию информационного общества, в котором все более значительная часть экономически активного населения занята производством, хранением, обработкой и реализацией информации. По сравнению с индустриальным обществом, где все силы направлены на производство и потребление товаров, в информационном обществе производятся и потребляются в основном интеллект и знания, что приводит к увеличению доли умственного труда. Внедрение компьютеров для автоматизации производства позволило повысить производительность труда и освободить людей от утомительных монотонных работ.

Да и повседневную жизнь трудно сегодня представить без компьютеров и информационных технологий. Студенты ищут в Интернете материалы к реферату, ученые обмениваются результатами научных исследований и ставят виртуальные эксперименты, которые «в реале» потребовали бы огромных затрат, медики создают компьютерные модели развития заболеваний, на основании которых изобретаются новые методы лечения, бизнесмены мгновенно заключают сделки с деловыми партнерами на другом конце света. Все больше покупок совершается в Интернет-магазинах, все чаще тесная дружба, общение и даже любовь завязываются в социальных сетях.

Огромный путь – от счетных палочек до современных компьютеров и информационно-вычислительных систем, который прошла техника вычислений и обработки данных, рассмотрен в этой главе.

С древнейших времен человек пытался упростить процесс подсчета тех или иных предметов. Первыми счетными инструментом стали, вероятно, пальцы собственных рук, камушки, косточки плодов. Для записи результатов счёта использовались искусственные эталоны – **зарубки на дереве или костях, узелки на верёвках.**

Так, в 1960 году бельгийский геолог и путешественник **Жан де Хайнцелин де Броккур** обнаружил на территории стоянки **Ишанго** (ныне Демократическая Республика Конго) кость павиана с нанесенными на нее отметками. Предположительный возраст кости – более 20 тысяч лет (по другим оценкам – 6–9 тысяч лет). Многие ученые предполагают, что **кость Ишанго** является древнейшим инструментом для арифметических подсчётов. Расположение насечек на кости может свидетельствовать об умении древних африканцев производить операции сложения и удвоения.

Аналогичные предметы были обнаружены при раскопках древнего поселения **Дольни Вестоници** в Чехии – кость волка с группами по пять зарубок – и на известной палеолитической стоянке в **Мезине** (недалеко от города Новгород-Северский на Черниговщине, Украина) – браслет из бивня мамонта, состоящий из пяти узких пластинок, на которые нанесены штрихи, собранные в группы с одинаковым количеством (4 зоны по 12–14 черточек в каждой). Эти находки показывают, что первобытные люди различали определённые количества одинаковых элементов и особенно часто подчёркивали некоторые количества: по 5 или 7 предметов, а также кратные им.

Другим древним инструментом для проведения вычислений и хранения результатов счёта является **Кипу** – мнемоническая и счётная система цивилизации **инков**, проживавших на территории современного Перу. Кипу представляли собой связки разноцветных шнурков с узелками. Форма узлов, их количество и расположение обозначали цифры, цвет шнуров – определённые предметы: бурый цвет – картофель, белый – серебро, жёлтый – золото.



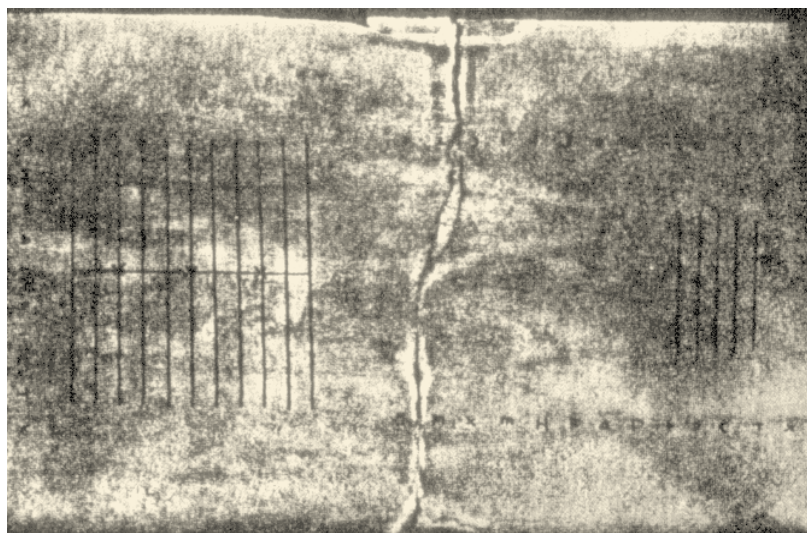
Кипу инков



Кость Ишанго  
(ок. 20 тыс. лет до н. э.)

С помощью кипу было возможно выполнение арифметических действий: сложения, умножения, вычитания и деления, что было необходимо для учёта податей, бухгалтерских операций, ведения календаря и переписи населения. Древнейшие кипу датируются приблизительно 3000-м годом до н. э.

Древнейшим счетным устройством в истории человечества является **абак** (абака). Абак представляет собой доску, разделенную линиями на полосы, на которой раскладывались счетные камешки (по латыни *calculus* – галька, голыш, отсюда – **калькуляция, калькулятор**). Чтобы камешки не скатывались, доска покрывалась слоем песка или пыли (*абак* по-гречески – пыль, по другой версии название произошло от лат. «abacus», греч. «abaх» – доска.).



Саламинская доска  
(ок. III в. до н. э.)

Впервые абак появился в Древнем Вавилоне около трех тысяч лет до н. э. В Вавилоне использовалась шестидесятеричная позиционная система, поэтому чтобы не выкладывать в каждой бороздке по 60 камешков, её делили на две части: в одной помещали камешки, отсчитывающие десятки (не более пяти), а в другой – камешки, отсчитывающие единицы (не более девяти). Если в какой-то бороздке при счете набиралось более 10 камешков, их снимали и добавляли один камешек в следующем разряде.

В течение столетий абак оставался основным счетным прибором. Знаменитый древнегреческий математик **Пифагор** стремился ввести вопросы счета на абаке в качестве обязательного раздела в курс математики. Древнейший из известных абак был найден в 1846 году на острове Саламин в Эгейском море (так называемая «Саламинская доска») и датируется примерно III веком до н.э. Абак представлял собой мраморную плитку размером 105 × 75 см, на которую было нанесено два набора из одиннадцати линий, образующих десять колонок. Колонки были пересечены горизонтальной линией, а над ними изображены греческие буквы.

На Востоке был распространён китайский аналог абака – пятиричный «суаньпань», впервые упомянутый в книге «Шушу цзии» (190 год). На каждой проволоке суаньпань размещалось по семь шариков, причем последние два шарика были отделены от первых, и каждому из них соответствовала пятерка. Разработанные в Китае методы позволяли при помощи суаньпань быстро производить над числами все четыре арифметические операции, извлекать квадратные и кубические корни, решать системы линейных уравнений.

В Древней Руси долгое время считали по вишневым или сливовым косточкам, раскладываемым в кучки. В рукописной книге XV века «Счетная мудрость» описывается «счет костями». Известные на территории Украины с XVI века **счеты** также представляют собой абак, в котором место полосок занимают спицы с нанизанными на них костяшками для единиц, десятков и т. д.





Антикитерский механизм  
(ок. 150–100 до н. э.)



Реконструированное  
устройство

В 1900 году греческие археологи производили исследования затонувшего у греческого острова **Антикитера** в Эгейском море древнеримского судна. Среди изделий, поднятых с затонувшего корабля, оказался и бронзовый предмет, покрытый известковыми отложениями. В 1902 году археолог **Валериос Стаис** расчистил загадочный артефакт и обнаружил сложный механизм со множеством бронзовых шестеренок, приводных валов и измерительных шкал и надписями на древнегреческом языке.

В 1903 году в Афинах вышла первая научная публикация с описанием и фотографиями **Антикитерского механизма**, как было названо это устройство, но лишь в 1959 году английский ученый **Дерек де Солла Прайс** провёл рентгеновское исследование механизма и опубликовал в журнале *Scientific American* статью «Древнегреческий компьютер». Было установлено, что Антикитерский механизм представлял собой первое в истории человечества **аналоговое вычислительное устройство** – **астрономический калькулятор**, при помощи которого можно было определить положение на небе Луны, Солнца, Марса, Венеры, Меркурия, Юпитера и Сатурна в заданную дату, а также предсказать затмение и выбрать **день начала Олимпийских игр**.

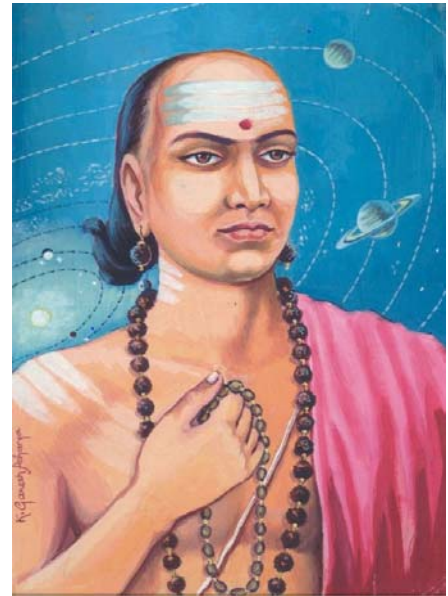
Восстановленная схема включала 37 шестерен. Один оборот главного колеса соответствовал солнечному году, тогда как маленькие колеса показывали положение Солнца и Луны. Колеса находились в деревянном ящике, отверстия в котором открывались с целью наблюдения за механизмом.

Прайс считал, что механизм был создан около 85–80 до н. э. Однако радиоуглеродный анализ и исследования надписей отодвинули предполагаемое время его создания до 150–100 года до н. э., а, возможно, и до III-II века до н. э. Высказывалась мысль, что автором идеи механизма был великий древнегреческий изобретатель **Архимед** (согласно другим версиям авторство приписывали астрономам с острова Родос **Посидонию** или **Гиппарху Никейскому**).

Одно из выдающихся изобретений в истории человечества было сделано в Индии, предположительно, в начале нашей эры. Индийские ученые предложили **позиционную систему** записи чисел (десять цифр, включая ноль), значительно упростившую процесс вычислений. Для записи цифр сначала использовалась сиро-финикийская система, а затем – написание «брахми», с отдельными знаками для цифр 1–9. Несколько видоизменившись, эти значки стали современными цифрами, которые мы называем **арабскими**, а сами арабы – **индийскими**.

Значительный вклад в развитие вычислительной математики внес индийский ученый **Ариабхата**. В своих трактатах Ариабхата описывает процесс извлечения квадратного и кубического корня в десятичной системе счисления; даёт формулы для площади круга и объёма сферы; приводит значение числа пи, равное 3,1416. В трудах Ариабхаты воспроизводится таблица синусов через  $3^{\circ}45'$ . Средневековый хорезмский (ныне Узбекистан) математик и астроном **аль-Хорезми** – автор трактатов, посвященных правилам вычислений. В труде «Китаб аль-джебр валь-мукабала» («Книга о восстановлении и противопоставлении») алгебра впервые рассматривается как самостоятельная отрасль математики, вводятся правила действий с алгебраическими величинами и решаются линейные и квадратные уравнения. Название операции «аль-джебр», состоящей в перенесении членов из одной стороны уравнения в другую, впоследствии стало названием раздела математики (**алгебра**).

Переводы книги аль-Хорезми «Об индийском счёте» на латинский язык в XII веке послужили проникновению в Европу индийской позиционной системы счисления, а имя аль-Хорезми (латинизированное Algorithmi) вошло в математику как обозначение арифметики с помощью индийских (названных в Европе арабскими) чисел, а затем как название всякой системы вычислений, выполняемых по определенным правилам – **алгоритм**. Аль-Хорезми написаны также сочинения по астрономии, географии, геодезии («О построении астролябии»), составлены тригонометрические и астрономические таблицы, вычислена длина земного меридиана и измерена окружность Земли.



Ариабхата  
(476–550)



Мухаммед ибн Муса  
аль-Хорезми  
(ок. 783 – ок. 850)

Значительный вклад в развитие техники вычислений на абаке среди европейцев принадлежит учёному и церковному деятелю второй половины X века **Герберту Орильякскому**. Герберт родился во Франции, в детстве был пастушонком и получил образование в монастыре св. Геральда. В 972–982 годах преподаёт в Реймской школе грамматику, логику, астрономию, арифметику, в том числе счёт на абак, и другие науки. Герберт возродил использование армиллярной сферы и астролябии, разработал новую конструкцию абак и изложил в своих трактатах правила счёта на абаке. У абак Герберта число разрядных колонок возросло с 12 до 27, что позволило оперировать огромными числами (до десяти в двадцать седьмой степени), перемножать и делить многозначные числа. Герберт также считается изобретателем механических часов.

В 999 году становится Римским папой под именем **Сильвестра II**. Герберта долгие годы считали чернокнижником, главным образом за его вычислительные способности. В этом контексте он упоминается в романе М. Булгакова «Мастер и Маргарита».

Итальянский математик **Леонардо Пизанский** более известен под именем **Фибоначчи**. Путешествуя по Востоку, познакомился с достижениями арабских математиков и способствовал передаче их в Европу. В трактате «Книга абак» (1202) развил методы счёта Герберта и ввел «modus Indorum» – письменные вычисления с помощью индийских цифр и десятичной системы (более удобной для расчетов, чем римская нотация) и получившей трудами Леонардо широкое распространение.

В ходе решения математической задачи о размножении кроликов Фибоначчи исследовал последовательность чисел, названную впоследствии его именем (сама последовательность была хорошо известна еще в древней Индии).

**Числа Фибоначчи** – элементы последовательности 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ... в которой первые два числа равны 0 и 1, а каждое последующее число равно сумме двух предыдущих. Сегодня числа Фибоначчи применяются при построении корректирующих кодов, высоконадежных АЦП и ЦАП и в других областях обработки и передачи информации.



Герберт Орильякский  
(ок. 946–1003)



Леонардо Пизанский  
(ок. 1170–1250)



Джон Непер  
(1550–1617)

$7 \times 1 =$	7
$7 \times 2 =$	1 4
$7 \times 3 =$	2 1
$7 \times 4 =$	2 8
$7 \times 5 =$	3 5
$7 \times 6 =$	4 2
$7 \times 7 =$	4 9
$7 \times 8 =$	5 6
$7 \times 9 =$	6 3



1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
0 2	0 4	0 6	0 8	1 0	1 2	1 4	1 6	1 8	0 0
0 3	0 6	0 9	1 2	1 5	1 8	2 1	2 4	2 7	0 0
0 4	0 8	1 2	1 6	2 0	2 4	2 8	3 2	3 6	0 0
0 5	1 0	1 5	2 0	2 5	3 0	3 5	4 0	4 5	0 0
0 6	1 2	1 8	2 4	3 0	3 6	4 2	4 8	5 4	0 0
0 7	1 4	2 1	2 8	3 5	4 2	4 9	5 6	6 3	0 0
0 8	1 6	2 4	3 2	4 0	4 8	5 6	6 4	7 2	0 0
0 9	1 8	2 7	3 6	4 5	5 4	6 3	7 2	8 1	0 0

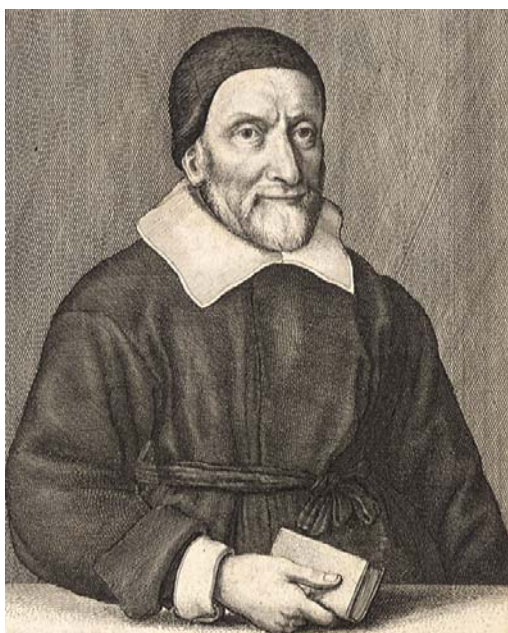
Палочки Непера  
(1617)

В 1617 году Шотландский математик **Джон Непер** предложил вычислительный инструмент, получивший название «**палочки (костяшки) Непера**». Палочки, выполненные в виде прямоугольных брусков, разделенных на квадраты, содержащие результаты умножения одного из первых 9 чисел в последовательном порядке от 1 до 9. Для умножения с помощью этого прибора палочки выкладывались в ряд так, чтобы цифры сверху каждой палочки соответствовали значениям разряда множимого. Слева прикладывали палочку с цифрами от 1 до 9, по которой выбирали строки, соответствующие разрядам множителя. Палочки Непера могли использоваться как для операции умножения, так и для деления, и вычисления квадратного корня числа.

Другой выдающийся результат Непер получил в 1614 году, когда опубликовал в Эдинбурге сочинение «Описание удивительной таблицы логарифмов», где давалось краткое описание свойств логарифмов, а также семизначные **таблицы логарифмов**. Хотя введенное Непером определение логарифма несколько отличалось от современного, предложенный им термин **логарифм** утвердился в науке. Применение таблиц логарифмов значительно упростило жизнь математиков, астрономов и инженеров, так как позволило свести операцию умножения чисел к сложению их логарифмов, а операцию деления – к вычитанию, пользуясь соотношением  $\log(a \cdot b) = \log(a) + \log(b)$ .

Основанием таблицы логарифмов Непера является иррациональное число, к которому приближаются числа вида  $(1 + 1/n)^n$  при безграничном возрастании  $n$ . Это число называют **неперовым числом** и обозначают буквой  $e \approx 2.7183$ . В честь Непера названа также безразмерная логарифмическая единица измерения отношения двух величин – **непер** (русскоязычное обозначение – **Нп**, международное – **Нр**). Отношение величин  $x_1$  и  $x_2$  в неперах:  $N = \ln(x_1/x_2) = \ln x_1 - \ln x_2$ . Неpery можно выразить через децибелы:

$$1 \text{ Нр} = 20 \log_{10} e \text{ dB} \approx 8.6859 \text{ dB}.$$



Уильям Отред  
(1575–1660)



Круговая логарифмическая  
линейка Отреда (1622)

Открытие логарифмов послужило основой для создания нового вычислительного инструмента – **счётной логарифмической линейки**. В 1618 году английский математик **Эдмунд Гюнтер** предложил логарифмическую шкалу, нанесенную на деревянную или медную пластину. Два обычно прилагаемых циркуля использовались для определения суммы или разности отрезков шкалы, что позволяло находить произведение или частное чисел.

Решающий вклад в изобретение удобной для пользования логарифмической линейки внес в 1622 году другой английский математик **Уильям Отред**, предложив в трактате «Круги пропорций» использовать две одинаковые шкалы, скользящие одна вдоль другой, что позволяло сразу получать результат умножения или деления. Сначала линейка Отреда была круговой, но в 1633 году **Уильямом Форстером** со ссылкой на Отреда было опубликовано и описание прямоугольной линейки. Приоритет Отреда долгое время оспаривал **Ричард Деламейн**, который, вероятно, независимо реализовал ту же идею. Любопытно, что Отред ввел также немало стандартных в современной математике обозначений и знаков операций: знаки умножения  $\times$  и деления  $/$ , символ параллельности  $\approx$ , краткие обозначения функций **sin** и **cos**.

Дальнейшие усовершенствования сводились к появлению подвижной линейки-«движка» (**Роберт Биссакер**, Англия, 1654 год) и отметки на шкалах часто используемых чисел (**Томас Эверард**, Англия, 1683 год). Бегунок (подвижное стекло с риской) изобрел в 1775 году **Джон Робертсон** (Англия).

В 1850 году девятнадцатилетний французский офицер **Амедей Маннхейм** создал прямоугольную логарифмическую линейку, обеспечивавшую точность до трех десятичных знаков. Эта линейка долгие годы оставалась самым популярным и доступным прибором индивидуального вычисления и просуществовала в практически неизменном виде до конца XX столетия, когда была окончательно вытеснена карманными калькуляторами.



Вильгельм Шиккард  
(1592–1636)



«Вычисляющие часы» Шиккарда  
(1623)

Историю механического этапа развития вычислительной техники можно начать вести с 1492 года, когда итальянский художник, ученый и изобретатель **Леонардо да Винчи** разработал чертеж счетной машины и описал его в своих дневниках, ныне известных как «Мадридский Кодекс». Среди чертежей Мадридского Кодекса был обнаружен эскиз тринадцатирядного суммирующего устройства с десятизубцовыми колесами. По инициативе фирмы IBM была предпринята попытка восстановления машины, однако, мнения исследователей по поводу ее работоспособности разделились.

Вероятно, первая действующая счетная машина была изготовлена профессором математики и астрономии Тюбингенского университета (Германия) **Вильгельмом Шиккардом** в 1623 году. В письме к немецкому астроному **Иоганну Кеплеру** Шиккард написал об устройстве, способном складывать, вычитать, делить и умножать числа. Это был шестирядный механический калькулятор, получивший название «**Вычисляющие часы**». Устройство было названо часами, потому что его принцип работы основывался на использовании звездочек и шестеренок, как и в механических часах, а когда результат превышал резервы памяти, раздавался звон колокольчика.

Вычисляющие часы состояли из трех частей: верхней – множительной, средней – суммирующей и нижней части – механизма для сохранения промежуточных результатов счета. Сложение производилось последовательным вводом слагаемых посредством наборных дисков, а вычитание – последовательным вводом уменьшаемого и вычитаемого. Для выполнения операции умножения использовалась технология «палочек Непера».

Машина Шиккарда открыла эру **механической вычислительной техники**, а ее схема использовалась в большинстве последующих счетных машин вплоть до замены механических деталей электромагнитными. В 1960-е годы ученые воссоздали работающую модель машины Шиккарда.



Блез Паскаль  
(1623–1662)



Счётная машина Паскаля  
(1645)

Разработка одной из наиболее ранних и интересных моделей механических суммирующих машин принадлежит французскому **Блезу Паскалю**. Паскаль начал создавать свою машину «**Паскалину**» в 1642 году в возрасте 19 лет, наблюдая за работой своего отца, который был сборщиком налогов и часто выполнял долгие и утомительные расчёты. Через три года Блез разработал действующую модель машины.

«Паскалина» имела размер 50×10×8 см и представляла собой механическое устройство – ящик с многочисленными шестерёнками. Складываемые числа вводились путем соответствующего поворота наборных колесиков. Сложение происходило при повороте вала, а передача переноса между десятичными разрядами осуществлялась при помощи специального устройства, которое Паскаль назвал «перевязь». При этом Паскалю пришлось столкнуться с большими техническими проблемами (деление на 240) из-за сложностей существовавшей в то время французской денежной системы: 12 денье = 1 су; 20 су = 1 ливр. Первые варианты «Паскалины» имели пять десятичных разрядов, позднее их число увеличилось до шести или даже восьми.

Б. Паскаль построил порядка 50 счётных машин, часть из которых удалось продать. Хотя машина не принесла Паскалю богатства, изобретенный им принцип связанных колес явился основой, на которой строилось большинство вычислительных устройств в течение следующих трех столетий.

Паскаль вошел в историю как выдающийся математик, физик, философ, писатель. Его имя получили **закон гидростатики**, таблица биномиальных коэффициентов (**треугольник Паскаля**), им заложены основы теории вероятностей, математического анализа, проективной геометрии.

В память о создании Паскалем счетной машины был назван язык программирования – **Паскаль**, созданный **Никлаусом Виртом** в 1970 году.

В честь Б.Паскаля названа единица измерения **давления** в системе СИ – **паскаль** (русскоязычное обозначение **Па**, международное **Pa**). *Паскаль равен давлению, вызываемому силой в один ньютон, равномерно распределённой по поверхности площадью один квадратный метр: 1 Па = 1 Н/м<sup>2</sup>.*

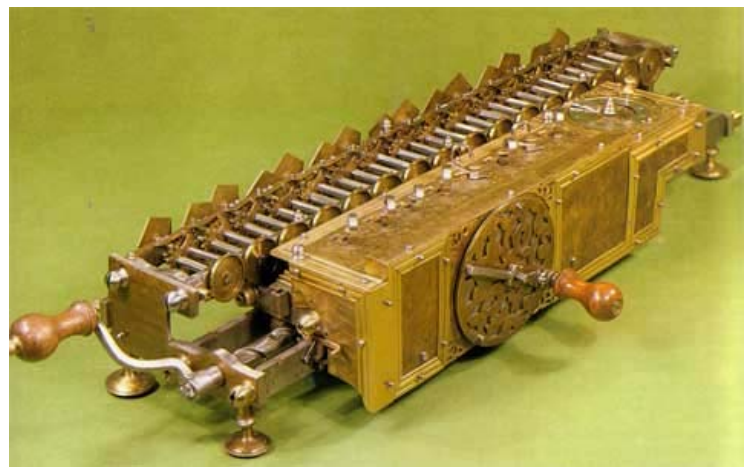


Готфрид Вильгельм  
Лейбниц  
(1646–1716)

произведений во время умножения.

Лейбниц занимался совершенствованием своей счетной машины более двадцати лет. Наиболее интересные модели его машины позволяли получать результат умножения и деления с 16 десятичными знаками. Один экземпляр машины Лейбница попал к российскому императору Петру I, который подарил ее китайскому императору, желая поразить того европейскими техническими достижениями.

Лейбниц вошел в историю также как создатель **математического анализа** – дифференциального и интегрального исчисления, основанных на понятии бесконечно малой величины (независимо от И. Ньютона). Он заложил основы **математической логики**, описал правила выполнения операций в **двоичной системе счисления**, сформулировал принципиальные свойства логического сложения и умножения, отрицания, тождества. В 1666 году Лейбниц опубликовал диссертацию: «Dissertatio de Arte Combinatoria» (Об искусстве комбинаторики), в которой сводил все логические/мыслительные операции и открытия к комбинациям основных элементов: чисел, букв звуков и цветов и, таким образом, создал **комбинаторику** как науку.



Ступенчатый вычислитель  
Г. В. Лейбница (1673)





Жозеф Мари Жаккар  
(1752–1834)



Ткацкий станок Фалькона  
(1728)

По мере развития вычислительной техники возникла потребность в записи и хранении программ и данных. И в течение долгих лет основными носителями для хранения информации служили **перфокарты** и **перфоленты**, предки современных винчестеров и флешек. А появились перфокарты гораздо раньше изобретения первых компьютеров.

Еще в 1725 году ткач из Лиона (Франция) **Базиль Бушон** создал текстильный станок с перфолентой, позволяющей воспроизводить заданный рисунок на ткани, по аналогии с музыкальными шкатулками, в которых металлические круги с отверстиями позволяли воспроизводить заданную мелодию. Другой француз **Жан-Баптист Фалькон** применил для управления ткацким станком перфорированные листы картона, связанные в цепь. На каждом листе отверстия располагались в несколько рядов и могли управлять значительным числом нитей. Фалькону удалось продать около 40 таких станков.



Карты Жаккара (1801)

Существенно усовершенствовал ткацкие станки Бушона–Фалькона французский изобретатель **Жан Мари Жаккар**. Станки Жаккара (1801 год) считаются первым промышленным применением полуавтоматических машин для управления узорами на тканях и первыми промышленными образцами **программируемой машины**, управляемой введением в нее информации. Работа станка программировалась при помощи колоды перфокарт, каждая из которых управляла одним ходом челнока. Перфокарты были соединены друг с другом и походили на широкую перфоленту больших размеров.

Еще в конце XVIII века парижский профессор, инженер и математик **барон Гаспар де Прони** первым составил алгоритмы и провел структурную организацию **массовых вычислений**, выполнив огромный объем расчетов за невероятный короткий для своего времени срок и, по сути дела, вплотную подошел к тому, что мы сегодня называем **программированием**.

В 1792–93 годах он приступил к фундаментальной задаче – составлению новых уточненных таблиц логарифмов и тригонометрических функций. Это была научная подготовка для введения метрической системы мер и весов во Франции.

Г. Прони предложил распределить работу по трём уровням. На верхнем уровне группа крупных математиков, среди которых выделялись военный инженер и математик **Лазарь Карно** (первым предложивший понятие комплексного числа) и академик **Адриен Лежандр**, занималась выводом математических выражений, пригодных для численных расчётов. Вторая группа вычисляла значения функций для равноотстоящих друг от друга аргументов. Подсчитанные значения входили в таблицу в качестве опорных. После этого формулы отправляли третьей, наиболее многочисленной группе, члены которой проводили рутинные расчёты и именовались «вычислителями». Таким образом, Прони удалось свести аналитическую работу к иерархии элементарных операций. Он утверждал, что «...может производить логарифмы с такой же легкостью, как иной мастер булавки».

Работа была выполнена за девять лет, к 1801 году. Учитывая значительный объем вычислений, такая производительность была более чем впечатляющей. Каждый экземпляр таблиц состоял из 19 томов, значения рассчитываемых величин занимали от 14 до 29 десятичных разрядов.

Именно работы Прони оказали большое влияние на создание **первой вычислительной машины** британским математиком **Чарльзом Бэббиджем**. В 1822 году Бэббидж опубликовал статью с описанием машины, способной заменить третью группу – вычислителей, а вскоре приступил к её созданию.

Г. Прони известен также работами в области механики и гидравлики. Автор ряда изобретений, в том числе динамометрического прибора («**тормоз Прони**»). Предложил метод интерполяции данных, основанный на аппроксимации функций линейной комбинацией экспонент, или затухающих синусоид. В настоящее время **метод Прони** нашел применение для цифровой фильтрации и цифрового спектрального анализа.

Имя Гаспара Прони занесено в Почетный список на Эйфелевой башне, содержащий 72 имени выдающихся французских ученых XVIII–XIX веков.



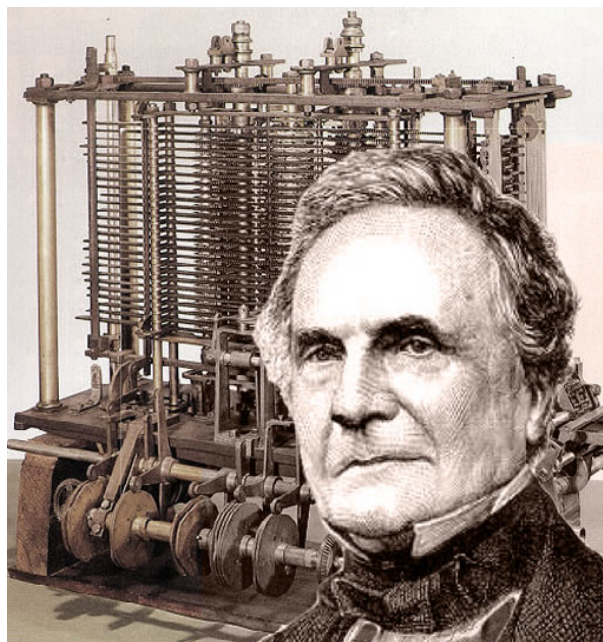
Барон Гаспар де Прони  
(1755–1839)

Значительный вклад в развитие механических вычислительных устройств внёс английский ученый **Чарльз Бэббидж**, который изобрел в 1833 году первый в мире **программируемый компьютер**. Родившийся в богатой семье, Бэббидж принимал участие в изобретении тахометра, спидометра, динамометра, коронографа, офтальмоскопа и других измерительных приборов, положил начало функциональному анализу, современной демографии.

Однако главной страстью Бэббиджа была борьба за математическую точность и против ошибок в таблицах логарифмов, которыми пользовались математики. С этой целью в 1822 году Бэббиджем была построена так называемая **разностная машина**, состоящая из валиков и шестерней, вращаемых вручную при помощи специального рычага. Машина обеспечивала аппроксимацию функций многочленами с точностью до восьмого знака с постоянными вторыми разностями.

В ходе работы Бэббидж пришел к выводу о необходимости **аналитической машины** – прообраза программируемого компьютера (за исключением схемы с хранимой программой, придуманной лишь сто лет спустя.). По замыслу Бэббиджа она должна была производить вычисления, следуя набору инструкций, и в нее должны были входить «мельница» и «склад» (по современной терминологии – **арифметическое устройство и память**), состоящие из механических рычажков и шестеренок. Третье устройство машины, управляющее последовательностью операций, выполняемых над числами, Бэббидж назвал «конторой», сейчас оно – **устройство управления**. Память машины вмещала до 100 сорокаразрядных чисел. Результаты операции либо отправлялись в память, либо распечатывались. Инструкции вводились в машину при помощи перфокарт, на применение которых Бэббиджа натолкнул автоматизированный станок французского инженера Ж. М. Жаккара. Важными изобретениями Бэббиджа были **сумматор со сквозным переносом**, применяемый и в современных компьютерах, а также идея **условной передачи управления** в зависимости от результата операции.

В своем окончательном виде машина Бэббиджа должна была представлять собой совокупность стальных, медных и деревянных деталей, часовых механизмов, приводимых в действие паровым двигателем. Она значительно опередила возможности современных Бэббиджу технологий и при жизни автора так и не была построена. В 1888 году сын Бэббиджа Генри сумел построить по чертежам отца центральный узел аналитической машины, а в 1906 году совместно с фирмой Монро – действующую модель машины.



Чарльз Бэббидж (1791–1871)

10 декабря программисты мира отмечают свой профессиональный праздник – День программиста, в честь родившейся 10 декабря 1815 года первой представительницы этой популярной ныне профессии **Ады Лавлейс**, единственной дочери великого английского поэта **Джорджа Гордона Байрона**.

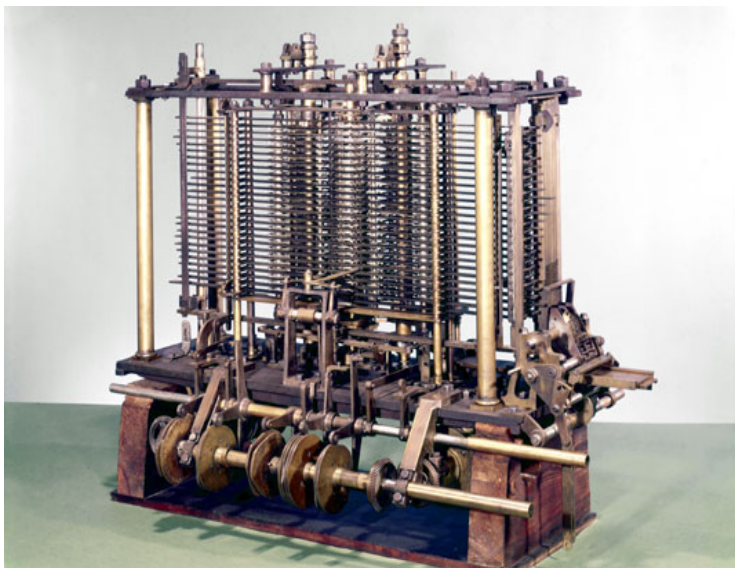
Совместно с английским математиком **Чарльзом Бэббиджем** Ада долгое время работала над созданием арифметических программ для его счетных машин. В 1843 году Адой Лавлейс для машины Бэббиджа была написана первая в истории компьютерная программа для вычисления чисел Бернулли.

Команды вводились в аналитическую машину Бэббиджа с помощью перфокарт, которые были двух видов: операционные карты и карты переменных. Из операционных карт можно было составить библиотеку функций. «Можно с полным основанием сказать, что аналитическая машина точно так же плетет алгебраические узоры, как ткацкий станок Жаккара воспроизводит цветы и листья», – писала графиня Лавлейс. Заслуга Лавлейс состоит не только в создании программы, но и в анализе возможностей машины для решения разных вычислительных задач. Наряду с этим, Лавлейс сама проектировала некоторые узлы машины и исследовала вопросы применения двоичной системы счисления.

Леди Ада ввела понятия «цикл», «ячейка памяти», определила связь рекуррентных формул с циклическими вычислениями. Министерство Обороны США в 1979 году в честь Ады Лавлейс утвердило название «Ада» как имя единого языка программирования для американских вооруженных сил.



Августа Ада Лавлейс  
(1815–1852)



Аналитическая машина  
Бэббиджа (1833)

Пионером серийного изготовления счетных машин стал эльзасец **Шарль-Ксавье Тома де Кольмар**. Введя в модель Лейбница ряд эксплуатационных усовершенствований, он в 1821 году начинает выпускать в своей парижской мастерской 16-разрядные арифмометры, которые получают известность как «**томас-машины**». Арифмометр представлял собой небольшое устройство, при помощи которого можно было совершать четыре арифметические операции. К 1870 году было произведено около 1000 арифмометров Кольмара, изобретение Шарля стало первым механическим калькулятором, производившимся действительно массово.



Арифмометр Кольмара (1821)

Важную роль в развитии счетной техники сыграло изобретение зубчатого колеса с переменным числом зубцов, которое явилось основой конструкции арифмометров системы российского механика шведского происхождения **Вильгодта Теофила Однера**, самых популярных в первой половине XX столетия. В отличие от «**томас-машин**», арифмометр Однера имел простую и надежную конструкцию, которая была настолько совершенна, что не претерпела серьезных изменений за все время существования арифмометра. Кроме того, он имел удобную форму и небольшие размеры, что значительно облегчало работу вычислителя.

Модификацией рычажного арифмометра Однера явился самый распространенный в СССР арифмометр «**Феликс**», который выпускался в различных модификациях с 1929 по 1978 год. «Феликс» позволял работать с девятизначными операндами и получать ответ до 13 знаков. На основе машин Однера в СССР выпускались также вычислители с клавишным управлением – механическая машина **ВК-1**,



Арифмометр «Феликс»

полуавтоматическая электромеханическая **ВК-2** и автоматическая машина с электродвигателем **ВК-3**. Наряду с логарифмической линейкой, механические калькуляторы были основным инструментом для научных, инженерных и экономических расчетов до 1970-х годов.

Английский математик **Джордж Буль** родился и вырос в семье небогатого ремесленника и смог получить лишь самое элементарное образование. Всю жизнь Буль активно занимался самообразованием, в 12 лет уже знал латынь, затем изучил греческий, французский, немецкий языки. Впоследствии, работая школьным учителем, он овладел сложнейшими математическими идеями своего времени.

В 1847 году Буль написал статью «Математический анализ логики», а в 1854 – «Исследование законов мышления». В этих работах Буль изобрел **алгебру логики**, названную впоследствии его именем и оперирующую лишь двумя элементами: 0 («ложь») и 1 («истина») и тремя основными операциями: **конъюнкция** (И), **дизъюнкция** (ИЛИ), **отрицание** (НЕ). Примерами двоичных логических переменных являются разряды



Джордж Буль  
(1815–1864)

чисел, представленных в двоичной системе счисления, замкнутый или разомкнутый контакт, высокий или низкий потенциал в какой-либо точке схемы и т. д. Пользуясь этой системой, можно закодировать логические утверждения с помощью символов своего языка, а затем манипулировать ими, подобно тому, как в математике манипулируют числами.

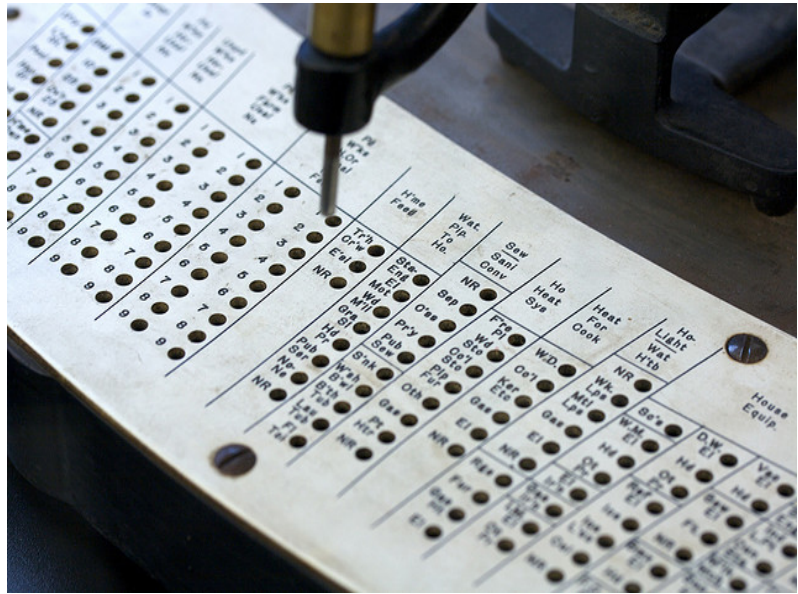
Уже в XX веке выяснилось, что **алгебра Буля** полностью подходит для анализа и синтеза переключательных схем, первоначально выполняемых на реле, а впоследствии – на полупроводниковых логических элементах. Объединение Булевой алгебры с двоичной системой счисления заложило основы современных компьютеров и других цифровых устройств. Любопытно, что сам Буль держал пари, что создает науку, совершенно оторванную от действительности и не имеющую ни малейшего практического применения.

Труды Д. Буля были высоко оценены шотландским математиком **Огастесом (Августом) Де Морганом**, который независимо от Дж. Буля в 1847 году изложил элементы логики высказываний и логики классов и дал первую развитую систему алгебры отношений. Именем де Моргана названы открытые им логические правила, связывающие пары логических операций при помощи логического отрицания. Формулируются **законы де Моргана** следующим образом: «*Отрицание конъюнкции есть дизъюнкция отрицаний, отрицание дизъюнкции есть конъюнкция отрицаний*». В настоящее время законы де Моргана широко применяются для оптимизации цифровых схем посредством замены одних логических элементов другими.

В честь Джорджа Буля в большинстве языков программирования введен **логический, или булев тип данных** (англ. *Boolean* или *logical data type*).



Герман Холлерит  
(1860–1929)



Перфоратор Холлерита

Основоположником **счетно-перфорационной техники**, непосредственной предшественницы компьютеров заслуженно считается американский инженер **Герман Холлерит**. Работая в конторе по переписи населения в Вашингтоне, он в 1884 году запатентовал электрическую табулирующую систему, автоматизирующую процесс обработки данных, и внедрил носитель информации – **перфокарту**, которая не претерпела существенных изменений в течение длительного времени.

**Табулятор Холлерита** сохранял данные о человеке (пол, возраст, место проживания и т.д.) в виде комбинации отверстий, пробиваемых в определенных местах карты. При считывании информации карта проходила над чашечками с ртутью. Когда над чашечкой появлялось отверстие на карте, контакт соприкасался с ртутью, и электрическая цепь замыкалась, что приводило в действие счетчик. Применение машины Холлерита произвело переворот в статистике. То, чем за десять лет до этого 500 сотрудников занимались в течение семи лет, Холлерит сделал с 43 помощниками на 43 вычислительных машинах за 4 недели. При этом машина выполняла также выборочную **сортировку**, что является основой любого информационного поиска.

В 1896 году Холлерит основал фирму по изготовлению и сбыту своих машин **ТМС** (Tabulating Machine Company). Впоследствии на основе компании ТМС была создана знаменитая фирма-производитель компьютеров **ИВМ**.



Статистическая машина Холлерита



Павел Дмитриевич  
Хрущов (1849–1909)



Александр Николаевич  
Щукарёв (1864–1936)

Важным этапом в истории вычислительной техники были так называемые логические машины – механические или электрические устройства для выполнения логических операций. Первая примитивная логическая машина была изобретена еще в XIII веке каталонским математиком и логиком **Раймундом Луллием**, пытающимся механически получить все научные знания путем комбинирования неких «первичных принципов».

Более совершенным оказалось «**логическое пианино**» (1869) английского ученого **У. С. Девонса** – механический вычислитель с клавиатурой, позволяющий строить логические тесты и показывать, как заключения вытекают из предпосылок. Ряд успешных опытов с логическим пианино провел **П. Д. Хрущов**, профессор Харьковского университета, где он в 1890-е годы читал курсы лекций по теории мышления и элементам логики.

Работы Хрущова оказали значительное влияние на другого харьковского ученого – **А. Н. Щукарева**, работавшего в 1911–1936 годах в Харьковском технологическом институте (ныне НТУ «ХПИ») в должности профессора химии. В апреле 1914 года Щукарев впервые продемонстрировал созданную им «машину логического мышления», способную осуществлять логические выводы на основе исходных посылок. Его машина выглядела как ящик высотой 40 см, длиной – 25 см и шириной 25 см. В машине имелись 16 штанг, приводимых в движение нажатием кнопок, расположенных на панели ввода смысловых посылок. Кнопки воздействовали на штанги, те – на световое табло, где высвечивался (словами) конечный результат (логические выводы из заданных посылок), что было прообразом современного дисплея. При демонстрации работы своей машины Щукарев задавал ей логические задачи из области химии и физики, которые машина безукоризненно решала. Результаты Хрущова и Щукарева значительно опередили свое время и предвосхитили многие последующие исследования в области искусственного интеллекта.



## Дифференциальный анализатор Ванневара Буша –

одно из механических устройств, позволявших решать дифференциальные уравнения и нашедших широкое применение для моделирования сложных электрических цепей в ядерной физике, теории управления и баллистике. Механические аналоговые вычислительные машины использовались для гармонического анализа и навигационных вычислений еще в конце XIX века. В 1904 году эффективный механический интегратор был по-

строен российским математиком **А. Н. Крыловым**. Однако наиболее совершенными были машины, созданные Бушем. Чисто механическая машина была построена в 1931 году, а ее электромеханический вариант, позволяющий решать системы дифференциальных уравнений 18 переменных – в 1942. Аналоговая машина состояла из механических интеграторов, соединенных ременными и зубчатыми передачами, и усилителей крутящих моментов. Весила машина до 100 тонн, в ней было использовано 2000 электронных ламп, 400 км проводов, 150 электромоторов.

Фрикционный механический интегратор был изобретен в 1876 году английским физиком **Джеймсом Томсоном** и представлял собой фрикционную передачу с переменным передаточным числом. Вращение диска передается цилиндру посредством шара, прижимающегося к диску и цилиндру одновременно. Если скорость вращения цилиндра пропорциональна расстоянию центра шара от диска, которое, в свою очередь, пропорционально значению подынтегральной функции  $y$ , а угол поворота диска – независимой переменной  $x$ , то угол поворота цилиндра будет пропорционален интегралу от заданной функции  $\int y dx$ .



Механический интегратор



Ванневар Буш (1890–1974)  
и дифференциальный анализатор

В 1945 году Буш опубликовал статью, в которой впервые предложил идею **гипертекста** (сам термин был придуман двадцать лет спустя) и механизм перекрестных ссылок, используемый в современном гипертексте.

Одним из основателей информатики и теории искусственного интеллекта заслуженно признается английский ученый **Алан Тьюринг**. Его считают первым теоретиком современного программирования, первым в мире **хакером**. Тьюринг впервые ввел в обиход термин «**компьютер**» в современном понимании (до этого так называли служащих, занятых арифметическими вычислениями). Именем Тьюринга названа самая престижная в мире награда в области информатики.

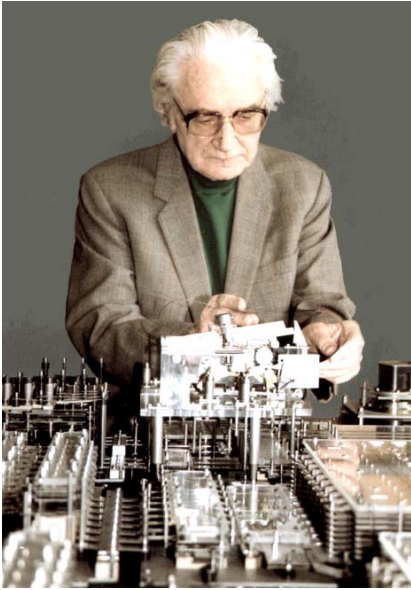
Уже в 24 года Тьюринг опубликовал работу «О вычислимых числах» (1936), в которой предложил абстрактный механизм, призванный решить одну из фундаментальных проблем математики, поставленную еще в 1900 году немецким математиком **Д. Гильбертом** и состоящую в нахождении общего метода, который позволил бы определить, выполнимо ли данное высказывание на языке формальной логики. Тьюринг не только дал ответ на эту конкретную задачу, но и сформировал научную основу алгоритма и предвосхитил архитектуру современных компьютеров. Полученная логическая модель вычислений, в которой каждый алгоритм разбивался на последовательность элементарных шагов, обладала основным свойством компьютера: пошаговым выполнением математических операций, хранимых во внутренней памяти, и была впоследствии названа «**машиной Тьюринга**».

В 1939 году британское военное ведомство поставило перед Тьюрингом задачу: разгадать секрет «**Энигмы**» – специального устройства, использовавшегося для шифровки радиogramм вермахта. Уже 18 марта 1940 года в центре британской разведки «Station X», известном впоследствии как Блетчли-парк, была запущена разработанная под руководством Тьюринга электромеханическая машина, получившая название «**Bombe**», обеспечившая ежедневную дешифровку до трех тысяч секретных сообщений немецкой армии.

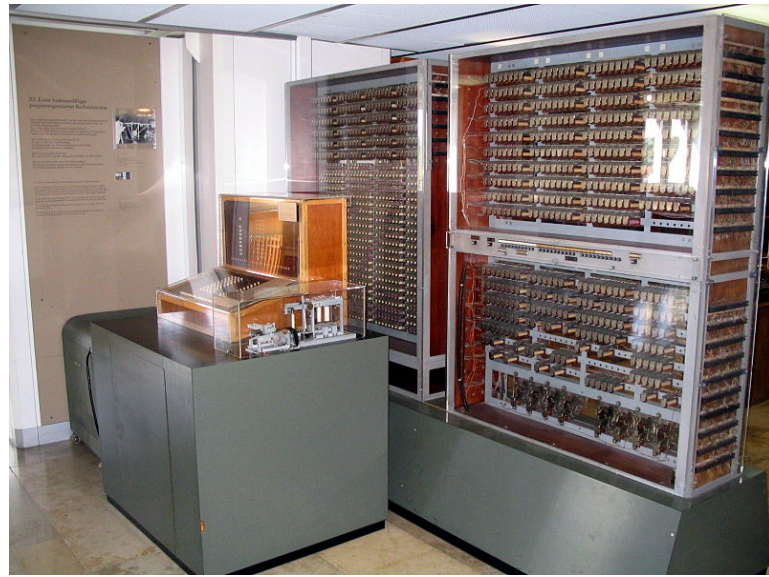
В конце 1943 года при участии Тьюринга для вскрытия более сложного кода телеграфного шифратора Lorenz SZ, закрывавшего коммуникации высшего командования вермахта, была построена первая в мире специализированная электронная вычислительная машина «**Colossus**», включающая около 2000 вакуумных ламп. Благодаря этой машине англичане получили возможность каждый месяц вскрывать до 300 телеграмм противника. После войны работы по взлому немецких кодов были засекречены, а место Тьюринга в истории вычислительной техники долгое время недооценивалось.



Алан Мэтисон Тьюринг  
(1912–1954)



Конрад Цузе  
(1910–1995)



Вычислительная машина Z3  
(1941)

Пионером создания **универсальной вычислительной машины с программным управлением** и хранением информации в запоминающем устройстве (ЗУ) явился немецкий инженер **Конрад Цузе**.

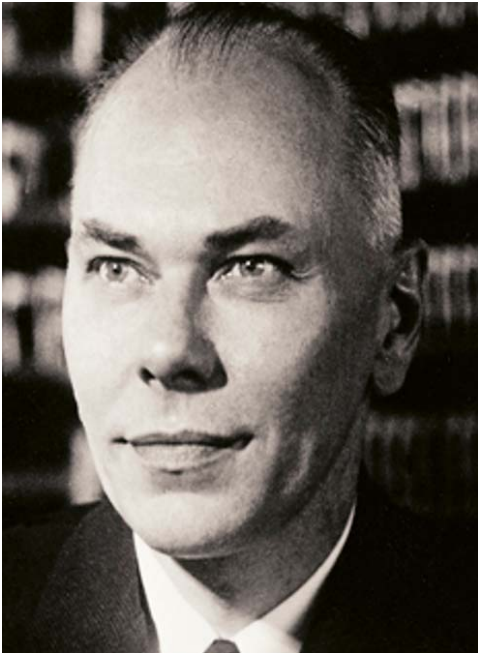
Первая действующая разработка Цузе, названная им **Z1**, появилась в 1938 году. Двоичный механический вычислитель с электрическим приводом имел механическое ЗУ емкостью на 16 чисел по 24 бита и управлялся программой на перфоленте из отслужившей киноплёнки. Результат вычислений в десятичной системе отображался на ламповой панели. Ввод команд и данных осуществлялся при помощи пишущей машинки. Надёжность Z1 оказалась невысокой, и Цузе решает отказаться от механических элементов, заменив их электромагнитными телефонными реле.

Релейный вычислитель **Z2** успешно заработал в апреле 1939 года, но Цузе призвали в армию, и он отслужил год, прежде чем был демобилизован в связи с заинтересованностью его работами военного ведомства Германии.

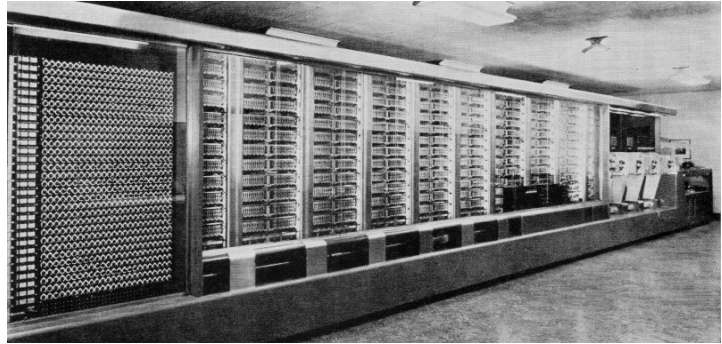
В 1941 году Цузе создает модель **Z3**, явившуюся первой в мире программно-управляемой универсальной вычислительной машиной (программа размещалась на 8-канальной перфоленте). Z3 содержала 2600 реле, включая ЗУ емкостью 64 числа по 22 бита. Машина выполняла 9 арифметических одноадресных команд: сложение, вычитание, умножение, деление, извлечение квадратного корня. На операцию умножения Z3 затрачивала от трех до пяти секунд. Однако и эта модель не имела команд условного перехода, что не позволяло ей решать сложные задачи с ветвящимися алгоритмами.

К. Цузе создал также специализированную релейную машину S2 для управления самолетами-снарядами, обстреливающими Лондон, которая оказалась первой в мире **управляющей вычислительной машиной**.

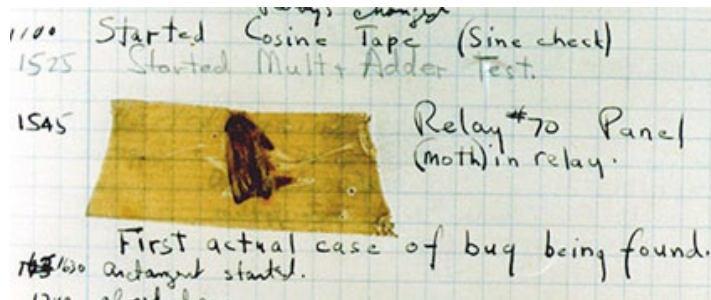
К. Цузе первым в мире ввел побитовую обработку данных, термин «машинное слово», объединил арифметические и логические операции, разработал первый **алгоритмический язык программирования** Планкалкюль.



Говард Хатауэй  
Эйкен (1900–1973)



Компьютер Марк I (1944)



Запись в журнале компьютера Mark II  
с молью, приклеенной к странице (США)

В 1937 году математик из Гарвардского университета **Говард Эйкен** предложил проект большой счетной машины (мысль о создании электромеханического вычислительного устройства возникла у Эйкена, когда в ходе работы над диссертацией ему пришлось численно решать нелинейные дифференциальные уравнения). Спонсировал работу президент компании **ИВМ Томас Уотсон**, который вложил в нее 500 тыс. долларов.

В мае 1944 года машина, получившая название «**Марк I**», вступила в строй. Реле, перфораторы и другие устройства, используемые в машине, были стандартными частями табуляторов, выпускаемых фирмой ИВМ. Эта машина, работавшая с 23-значными десятичными числами, выполняла операции сложения и умножения соответственно за 0.3 и 3 секунды. Сооружение имело примерно 15,5 м в длину и 2,4 м в высоту, весило 35 т, потребляло 25 кВт электроэнергии, содержало около 765 тыс. деталей. Машина работала по 24 часа в сутки, выполняя главным образом расчеты по секретным проектам военно-морского флота. Многочисленные расчеты с помощью компьютера Марк-I проводил лауреат Нобелевской премии по экономике Василий Леонтьев. В последующих проектах **Марк-II – IV** (1946–1952) Эйкен постепенно перешел на электронные лампы в качестве элементной базы компьютера.

Любопытно, что с компьютером Марк связано появление термина **баг** (англ. *Bug*, ошибка в программе, первичные значения: *жук, насекомое*). Впервые этот термин применила в 1946 году программист машины Mark **Грейс Холпер**. При поиске неисправности она нашла мотылька, застрявшего между контактами реле. Извлеченное насекомое было вклеено скотчем в технический дневник с сопроводительной надписью: «Первый реальный случай обнаружения жучка» (англ. *First actual case of bug being found*).

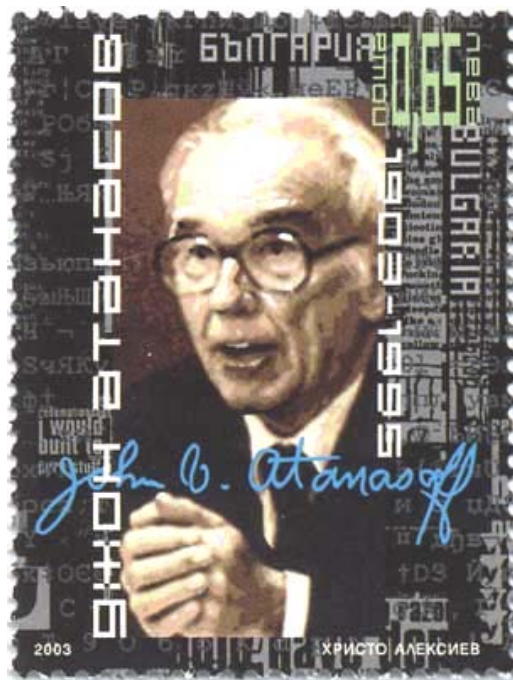
В 1933 году американец болгарского происхождения, профессор физики **Джон Атанасов** при проведении исследований в области теории упругости столкнулся с серьезными вычислительными проблемами. Попытки использовать аналоговую технику или табулятор Холлерита не принесли ожидаемых результатов, и тогда Атанасов решил сконструировать вычислительную машину, основанную на совершенно новых принципах и использующую в качестве элементной базы электронные лампы.

В ходе работы над компьютером, в которой ему оказал существенное содействие инженер-электроник **Клиффорд Берри**, Атанасов сформулировал основы построения будущего компьютера: **двоичная система счисления, электронные логические схемы, запоминающие устройства на основе конденсаторов.**

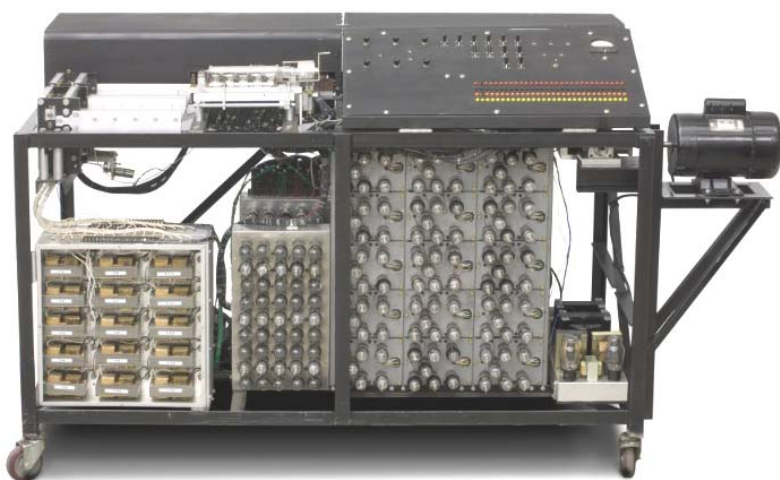
В 1942 году машина, получившая название **ABC (Atanasoff-Berry Computer)**, была построена и успешно протестирована. Аппарат, содержащий около 300 электронных ламп, использовал двоичный код (длина слова составляла 50 бит), мог осуществлять логические операции. Запоминающие устройства состояли из вращающихся барабанов с прикрепленными конденсаторами. Для ввода и вывода данных применялись перфокарты. Компьютер Атанасова обеспечивал точность вычислений, в тысячу раз выше дифференциального анализатора Буша, считавшегося в ту пору самым передовым вычисляющим прибором. Машина не была программируемой, и разрабатывалась

только в целях решения систем линейных уравнений.

Работы Атанасова и Берри долгое время не были широко известны, пока в 1973 году Федеральный районный суд США не признал недействительным патент фирмы Sperry Rand на компьютер ENIAC и не заключил, что ABC является «первым компьютером».



Джон Винсент Атанасов  
(1903–1995)



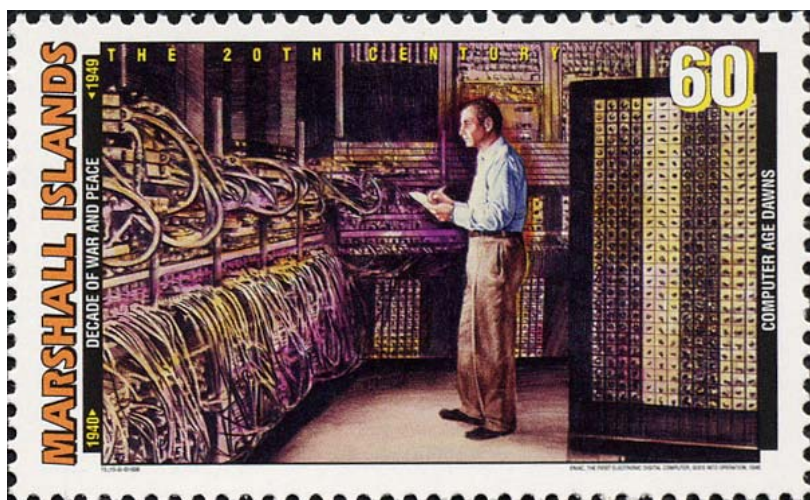
Компьютер Атанасова–Берри (1942)

В 1943 году Главное управление артиллерии США заключило с университетом Пенсильвании контракт на разработку специализированной электронно-вычислительной машины, предназначенной для автоматического расчета баллистических таблиц. Руководителем проекта был назначен профессор Пенсильванского университета **Джон Моучли**, а главным инженером – молодой специалист по электронике **Джон Эккерт**. Машина получила название **ЭНИАК** (**ENIAC – Electronic Numerical Integrator and Computer**, электронный численный интегратор и вычислитель)



Джон Уильям Моучли (1907–1980)  
Джон Преспер Эккерт (1919–1995)

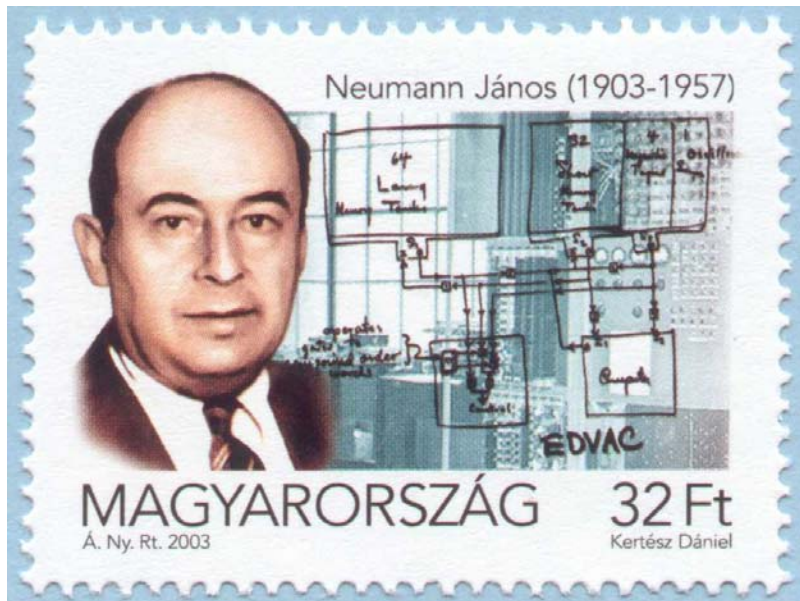
и была закончена к концу 1945 года. ЭНИАК содержал 17 480 электронных ламп, весил более 30 тонн, потреблял около 150 кВт электроэнергии и занимал площадь около 200 м<sup>2</sup>. Память машины была организована на триггерных ячейках и позволяла хранить двадцать десятиразрядных десятичных чисел. Сложение чисел осуществлялось за 0,0002 секунды, а умножение за 0,0028 секунды, что было во много раз быстрее, чем в существовавших к тому времени электромеханических вычислителях. Ввод чисел в машину осуществлялся с помощью перфокарт, а набор программы – с помощью штекеров и наборных полей, как в аналоговых вычислительных машинах (позднее появилась возможность хранения программы в памяти). Первой задачей для ЭНИАК стали расчеты по **Манхэттенскому проекту** (программе разработки ядерного оружия США).



Компьютер ЭНИАК (1945)

ЭНИАК, вероятно, был первым электронным цифровым вычислителем, который можно было **перепрограммировать** для решения широкого спектра задач. Возможно, идеи электронного компьютера были почерпнуты Моучли у Дж. Атанасова, что впоследствии послужило поводом к судебным искам.

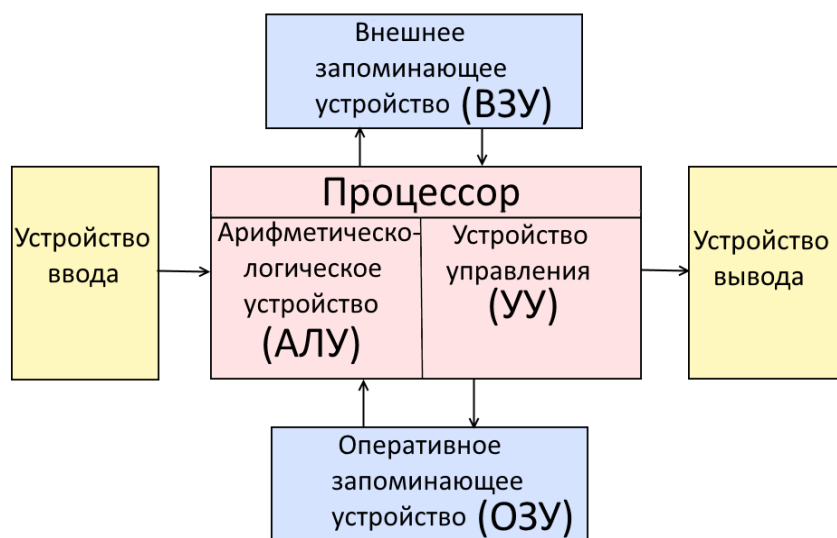
Выдающийся американский ученый **Джон (Янош) фон Нейман** родился и получил образование в Будапеште. С 1930 года работал в США, где занимался приложением функционального анализа к различным вопросам квантовой механики, математической логики, теории автоматов, положил начало теории игр, совместно с **С. Уламом** предложил метод статистического моделирования – **Метод Монте-Карло**. В начале 1940-х годов в ходе работ по ядерной программе США осознал необходимость разработки мощных вычислительных устройств.



Джон фон Нейман (1903–1957)

В 1946 году по результатам работ над созданием компьютера ЭДВАК, проводимых совместно с группой **Дж. Моучли** и **Дж. Эккерта** фон Нейман в соавторстве с **Г. Голдстейном** и **А. Берксом** опубликовал отчет «Предварительное обсуждение логического конструирования устройства», который содержал описание принципов построения цифровых электронных вычислительных машин: использование двоичной системы счисления, программное управление ЭВМ, использование памяти компьютера не только для хранения данных, но и программ, адресная организация памяти с последовательной нумерацией ячеек, возможность условного перехода в процессе выполнения программы.

Фон Нейман выделил и описал основные компоненты (арифметическо-логическое устройство, память, устройство управления, устройства ввода-вывода) – того, что и поныне называют «**архитектурой фон Неймана**» современного компьютера (Моучли и Эккерт впоследствии утверждали, что выдвигали идею хранения программ в памяти еще до появления фон Неймана в их рабочей группе, но не публиковали ее по соображениям секретности).



Архитектура фон Неймана (1946)

Пионером создания вычислительных машин в СССР и Украине можно смело считать академика **Сергея Алексеевича Лебедева**.

В 1945 году **С. А. Лебедев** создал первую в стране электронную аналоговую вычислительную машину для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, которые часто встречаются в задачах, связанных с энергетикой. В 1946 году



**Сергей Алексеевич Лебедев**  
(1902–1974)

Лебедев назначается директором Института энергетике АН УССР в Киеве, а в 1947 году – директором Института электротехники АН УССР, где, независимо от иностранных ученых, разработал принципы построения ЭВМ с хранимой в памяти программой – и реализовал эти принципы в **Малой электронной счетной машине (МЭСМ)**, первой ЭВМ в континентальной Европе. В ходе испытания машины в 1951 году было выполнено решение дифференциального уравнения  $Y'' + Y = 0$ , вычисление факториала числа, возведение в степень. Быстродействие МЭСМ составляло 3000 операций в минуту.

С 1952 года С. А. Лебедев – директор Института точной механики и вычислительной техники АН СССР в Москве, где возглавил разработку **БЭСМ – Большой (или Быстродействующей) электронной счетной машины**.

В дальнейшем под руководством Лебедева было создано 15 моделей ЭВМ, в том числе **М-20** (1958), одна из наиболее быстродействующих на тот момент машин в мире, получившие широкое распространение полупроводниковые машины М-220,

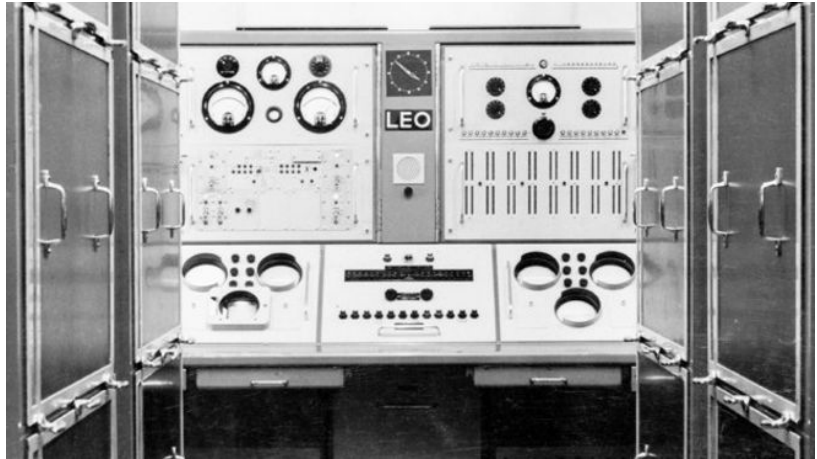


**Малая электронная счетная машина**  
**МЭСМ (1951)**

М-220М, М-222, ряд ЭВМ военного назначения. В ЭВМ **БЭСМ-6** (1965) был впервые применен конвейерный, или «водопроводный», как назвал его Лебедев, способ выполнения вычислений, за счет чего она стала самой производительной в то время машиной в Европе. Последняя ЭВМ, принципиальные положения которой были разработаны академиком Лебедевым и его учениками, – суперкомпьютер «**Эльбрус**».



Первоначально компьютеры использовались для научных расчетов, преимущественно в оборонных отраслях. Однако уже через несколько лет после появления первых ЭВМ отмечено их использование в бизнесе. В октябре 1947 года руководство британской компании Lyons & Company, владевшей сетью магазинов и ресторанов, решило принять участие в разработке компьютеров для коммерческих применений.



Компьютер LEO I (1951)

Компьютер **LEO I** (Lyons' Electronic Office) начал работать в 1951 году и впервые в мире стал регулярно использоваться для рутинной офисной работы – расчета зарплаты работникам чайных магазинов, принадлежащих фирме.

Практически одновременно в США был создан компьютер **UNIVAC I** (англ. *UNIVersal Automatic Computer I*), в основном спроектированный **Дж. Моучли** и **Дж. Эккертом**, изобретателями компьютера ENIAC. Первый экземпляр UNIVAC I был продан Бюро переписи населения США 31 марта 1951 года. UNIVAC был первым массово производившимся компьютером: за период с 1951 по 1958 годы в правительственных учреждениях, частных корпорациях и университетах США было установлено 46 экземпляров UNIVAC.

С начала 1950-х годов в разных странах был разработан целый ряд ЭВМ так называемого **первого поколения**. Их основной элементной базой были электронные лампы. Оперативная память выполнялась на ламповых триггерах и ртутных линиях задержки, позднее – на ферритовых сердечниках. Для ввода-вывода данных использовались перфоленды и перфокарты, магнитные ленты и барабаны, печатающие устройства. Быстродействие было, как правило, в пределах 5–30 тыс. арифметических операций/с. Первоначально для программирования ЭВМ первого поколения использовались машинные коды, затем стали применяться автокоды и ассемблеры.

Среди наиболее удачных компьютеров первого поколения следует отметить разработанную в 1952 году в США ЭВМ **WhirlWind-1** (Вихрь-1), использующую оперативную память на ферритах и являющуюся самой быстродействующей ЭВМ в середине 50-х годов, а также построенную на ее основе **IBM 701** – первый серийный компьютер корпорации IBM, на тридцать лет обеспечивший ей лидерство на рынке вычислительной техники.

Первой советской серийной ЭВМ стала **Стрела**, производившаяся с 1953 года. ЭВМ имела быстродействие 2000–3000 операций в секунду, объем оперативной памяти составлял 2048 ячеек по 43 разряда. В 1950-х годах в СССР выпускались также компьютеры **МЭСМ** (1951), **БЭСМ** (1952), **Урал** (1955), **М-2** (1958), **Минск-1** (1959), **Сетунь** (1959) и ряд других.

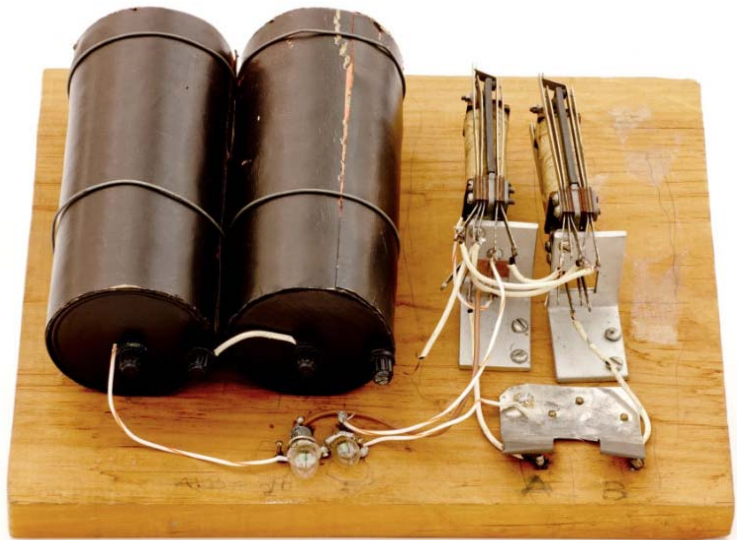
Уже первые попытки создания вычислительных устройств показали, что их характеристики во многом зависят от выбранного **основания системы счисления**. Первые электромеханические устройства использовали десятичную систему, однако, уже в компьютерах К. Цузе (1938) и Дж. Атанасова (1942) применялись элементы **двоичной арифметики**.

Основы двоичной системы были рассмотрены еще в труде Г. В. Лейбница «Искусство составления комбинаций» (1666), на создание которого Лейбница вдохновила древнекитайская рукопись «Ай чинг» (Книга перемен). В книге делалась попытка описать Вселенную с помощью пар противоположностей – темнота и свет, мужское и женское начало, Бог и пустота. Лейбниц разработал правила перевода десятичных чисел в двоичные и предположил, что двоичная система может стать универсальным логическим языком.

Теоретической основой практического применения двоичной арифметики стали труды Дж. Буля (1854) и К. Шеннона (1937), а первая техническая реализация была предложена сотрудником фирмы Bell Telephone **Джорджем Стибицем**. Стибиц связал соотношения булевой алгебры с релейной техникой и в 1937 году представил послуживший основой современной цифровой техники первый в мире двоичный сумматор, изготовленный из двух реле, батареек, лампочек и металлических полосок, нарезанных из жестяных банок.

Предпринимались, однако, поиски альтернативной двоичной систем счисления. Было показано, что оптимальную плотность хранения информации обеспечивает система счисления с основанием  $e = 2,71828$  (число Эйлера). Поскольку ближайшим к числу  $e$  целым является тройка, то были разработаны компьютеры на основе троичной системы. Так, в 1959 году в СССР под руководством Н. П. Бруснецова была разработана ЭВМ «Сетунь», использующая **троичную система счисления**. Элементарной базой ЭВМ были троичные ферритодиодные ячейки на основе магнитных усилителей трансформаторного типа. Единицей хранения информации являлся **триг** – троичный разряд, принимающий значения 0, 1, -1. Минимальной адресуемой единицей хранения информации в памяти был выбран **трайт**, равный шести тригам.

Для построения помехоустойчивых АЦП, сжатия и распознавания информации используются также системы счисления с весами, равными числам Фибоначчи: 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21... Значительный вклад в развитие **кодов Фибоначчи** внес украинский ученый **А. П. Стахов**.



Двоичный сумматор Дж. Стибица

Выдающийся вклад украинского советского ученого **Виктора Михайловича Глушкова** в кибернетику, вычислительную технику и математику был высоко оценен еще при его жизни. После окончания университета, на что понадобился всего один год, В. М. Глушков за три года первым решил обобщенную **пятую проблему Гильберта**, что сразу поставило его в первые ряды математиков мира.

Став директором вычислительного центра АН Украины, Глушков создал на его базе **Институт кибернетики в Киеве** и возглавил его в 1957 году. В институте были развернуты пионерские работы по созданию новых средств вычислительной техники со встроенным искусственным интеллектом, сетей ЭВМ, систем управления технологическими процессами и сложными физическими экспериментами, технических средств распознавания речи и печатной информации. Наибольшее признание среди разработок института получили управляющая вычислительная машина «Днепр» (1961), малые ЭВМ «Промінь» (1963) и «МИР» (1965).

Машина «МИР» (сокращение от «Машина для Инженерных Расчётов») предвосхитила многие черты современных персоналок, в частности диалоговые устройства ввода и редактирования текстовой и графической информации. У ЭВМ «МИР-1»



Виктор Михайлович Глушков  
(1923–1982)



ЭВМ «МИР» (1965)

была двоично-десятичная система счисления, оперативная память на ферритовых сердечниках на 4096 12-разрядных слов, а ее быстродействие составляло 2000 операций в секунду. Главным ее отличием от других ЭВМ была аппаратная реализация машинного языка высокого уровня «Аналитик». Любопытно, что в 1967 году патент на принцип ступенчатого микропрограммирования, применявшийся в машине «МИР», был приобретен американской фирмой IBM.

Стали классическими и многие статьи и книги Глушкова, в том числе «**Синтез цифровых автоматов**», в которой он дал инструмент, использовавшийся целым поколением создателей ЭВМ. Глушков был также инициатором разработки и создания опередившей свое время Общегосударственной автоматизированной системы учёта и обработки информации (ОГАС), предназначенной для автоматизированного управления экономикой СССР.



Аналоговая ЭВМ МН-7 (1955)

Наряду с цифровыми компьютерами, важное место в истории вычислительной техники занимают **аналоговые вычислительные машины (АВМ)**, в которых числовые данные представлялись при помощи аналоговых физических параметров (скорость, длина, давление, напряжение, сила тока).

Длительное время использовались механические и электромеханические аналоговые вычислители – логарифмические линейки, планиметры, механический интегратор **А. Н. Крылова**, дифференциальный анализатор **В. Буша**. Однако существенный прорыв в точности и скорости вычислений произошел после изобретения в 1927 году американским инженером **Гарольдом Блэком** лампового **операционного усилителя (ОУ) с отрицательной обратной связью**. Вероятно, первый электронный аналоговый компьютер был разработан немецким инженером **Гельмутом Хельцером** в 1942 году и использовался им для моделирования полета ракет «Фау».

В 1940-е – 1960-е годы АВМ на операционных усилителях получили широкое распространение, особенно с представлением в 1963 году фирмой «Fairchild Semiconductor» интегрального ОУ  $\mu A702$ . В состав типичной АВМ входили суммирующие, интегрирующие и дифференцирующие блоки на основе операционных усилителей, блоки умножения на постоянный и переменный коэффициент, блоки нелинейности (функциональные преобразователи) и ряд других. Программирование АВМ осуществлялось путем коммутации функциональных блоков проводниками на наборном поле и установки параметров схемы, решение графически отображалось на экране осциллографа.

Использовались АВМ для решения дифференциальных уравнений, моделирования механических систем, электрических и магнитных полей, процессов тепло- и массообмена, исследования систем автоматического регулирования, летательных аппаратов и других сложных динамических систем.

Наиболее распространенным семейством АВМ в СССР была серия **МН** (сокращение от «модель нелинейная»). Самым совершенным представителем машин этого ряда была машина **МН-18**, предназначенная для исследования динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями до десятого порядка. Применялись также **гибридные ЭВМ**, представляющие собой аналоговые и цифровые вычислители, связанные с помощью аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей.

Изобретение в 1947 году транзистора вызвало массовую смену элементной базы ЭВМ и появление компьютеров так называемого **второго поколения** (примерно 1955–1965 годы). Замена хрупких и недолговечных ламп на полупроводниковые элементы позволила уменьшить габариты и энергопотребление, повысить надежность и производительность ЭВМ и, в конечном счете, значительно расширить сферу использования вычислительной техники. С использованием транзисторов быстродействие компьютеров возросло до сотен тысяч операций в секунду.



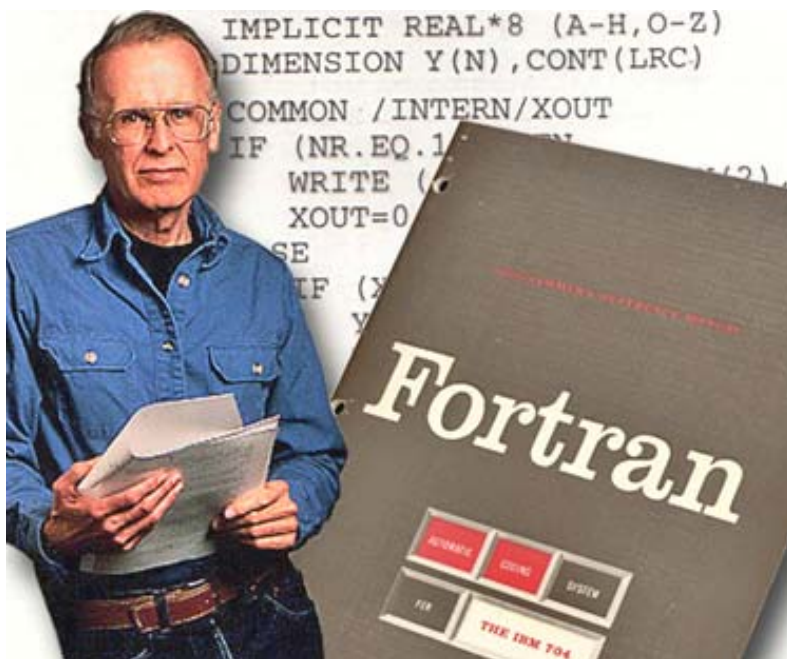
ЭВМ БЭСМ-6 (1966)

Конструктивной основой ЭВМ второго поколения стал печатный монтаж, обеспечивший упрощение ремонта и отладки. В архитектуре ЭВМ появились индексные регистры, аппаратные средства для выполнения операций с плавающей точкой, специализированные процессоры ввода-вывода. Оперативную память на линиях задержки сменили запоминающие устройства на магнитных сердечниках, что позволило довести объем ЗУ до сотен Кбайт. В качестве внешних накопителей стали применяться магнитные диски.

Конец 1950-х годов характеризуется началом этапа создания системного программного обеспечения. Появились языки программирования высокого уровня – **Algol, FORTRAN, COBOL, ПЛ-1, ЛИСП** и другие, для которых были разработаны трансляторы и библиотеки стандартных программ.

Считается, что первой ЭВМ на полупроводниковой элементной базе был появившийся в 1959 году в США компьютер **RCA-501** (отдельные логические элементы на полупроводниках использовались еще в машине SEAC, созданной в США в 1951 году). Основными производителями компьютеров второго поколения в США были фирмы **IBM** и **Digital Equipment Corporation (DEC)**. В 1959 году IBM выпустила мейнфрейм IBM 7090 и машину среднего класса IBM 1401. В 1960 году DEC представила свою первую модель **PDP-1**. Этот компьютер, с которого началась массовая продажа ЭВМ, имел высокую по тем временам производительность (100 тыс. операций в секунду) и довольно компактные размеры (размером с бытовой холодильник).

Небольшие советские ЭВМ второго поколения (**Наири, МИР, Минск-22**) были в конце 1960-х годов доступны практически каждому вузу, в то время как **БЭСМ-6** (1966 год) имела стоимость на 2–3 порядка выше, память до 512 Кбайт и быстродействие до 1 миллиона операций в секунду.



Джон Уорнер Бэкус  
(1924–2007)

рис Уилкс ввел систему мнемонических обозначений для машинных команд, названную **языком ассемблера**, а американец **Джон Моучли** создал первый **интерпретатор** языка программирования под названием **Short Order Code**.

Усложнение структуры ЭВМ потребовало разработки более простых для понимания и применения **языков программирования высокого уровня**, первым из которых был **Фортран** (FORTRAN, от FORmula TRANslator – переводчик формул), разработанный программистами фирмы IBM под руководством **Дж. Бэкуса** в 1954 году.

Проблему возрастания сложности программ позволила решить разработанная швейцарцем **Н. Виртом** и голландцем **Э. Дейкстрой** концепция **структурного программирования** и созданный в 1970 году Виртом язык программирования **Паскаль**.



История программирования начинается еще в XIX веке, когда **Чарльз Бэббидж** предложил предварительно записывать на перфокартах последовательность действий изобретенной им вычислительной машины, а его сподвижница **Ада Лавлейс** составила первую в мире программу.

Особую актуальность вопросы удобства программирования приобрели в середине XX века с появлением электрических цифровых компьютеров. Программирование в двоичных машинных кодах оказалось очень утомительным, поэтому уже в 1949 году англичанин **Мо**

каль. Другим важным вкладом в программирование стала разработка в 1972 году сотрудником Bell Labs **Д. Ритчи** языка **Си**. Первоначально созданный для реализации операционной системы UNIX, язык Си стал основой для объектно-ориентированных языков **C++**, **C#**, **Java**, которые наряду с такими языками, как **Python** и **PHP** широко используются сегодня для разработки настольных, мобильных и Web-приложений.

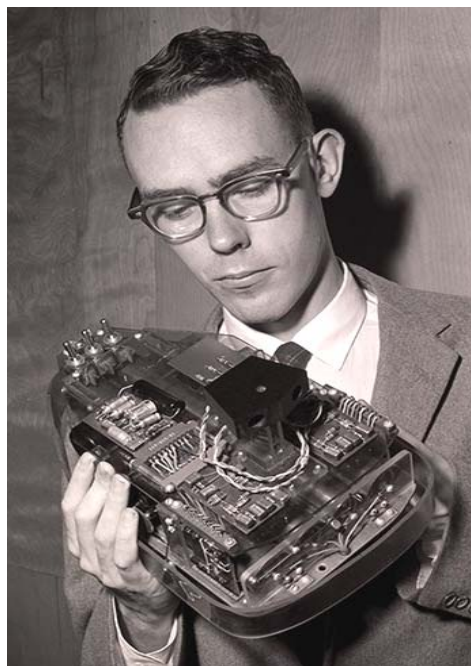


Уже к середине XX века уровень развития машиностроения стал предъявлять все более жесткие требования к срокам и стоимости проектных работ. Новые технологии развивались столь стремительно, что вновь разрабатываемые машины и аппараты иногда успевали устареть прежде, чем было обеспечено их серийное производство. С другой стороны, точность, достигаемая традиционным бумажным проектированием с циркулем и линейкой, не обеспечивала потребностей высокотехнологичных производств, в первую очередь – авиа- и ракетостроения.

Поэтому практически одновременно с появлением коммерческих компьютеров зародилась идея автоматизации не только производства, но и процесса проектирования и создания САПР – **систем автоматизированного проектирования** (англ. CAD – Computer-Aided Design). В 1963 году аспирант Массачусетского технологического института (США) **Айвен Сазерленд**, представил тезисы работы «**Sketchpad**: графическая система коммуникации с компьютером», в которой предложил интерактивную САПР, обеспечивавшую удобный ввод, редактирование и хранение чертежной информации. Sketchpad (англ. «блокнот для набросков») явилась фактически графической станцией с использованием дисплея и светового пера и пользовательским графическим интерфейсом, основные принципы которого используются и сегодня.

Примерно в то же время в компании General Motors была разработана интерактивная графическая система подготовки производства, а в 1971 ее создатель **Патрик Хэнретти** основал компанию Manufacturing and Consulting Services и разработал методики, которые составили основу большинства современных САПР (программная система PRONTO для автоматизированного проектирования, правда лишенная графических возможностей, была создана Хэнретти еще в 1957 году). В 1982 году компания **Autodesk** выпускает свою двух- и трёхмерную САПР **AutoCAD**, которая благодаря расширенным возможностям и демократичной цене стала первой, действительно массовой, системой (сегодня в мире насчитывается более 9 млн пользователей Autodesk).

Широкое распространение САПР получили в электронике. Современные программы позволяют с помощью графического интерфейса создать и промоделировать электрическую схему устройства, провести трассировку печатной платы. К числу наиболее популярных относятся программные пакеты **Altium Designer** и его предшественник **P-CAD**, **Proteus VSM** и другие.



Айвен Эдвард  
Сазерленд (р. 1938)

Особенно бурно компьютерная техника стала развиваться после изобретения **интегральной схемы**, которое стало возможным благодаря цепочке открытий, сделанных американскими инженерами **Джеком Килби** и **Робертом Нойсом** в **1958–1959** годах.

Применение интегральных схем позволило сделать новый прорыв в производительности, надежности и миниатюризации и осуществить переход к **третьему поколению** ЭВМ (примерно 1965–1979 годы). Тактовые частоты работы электронных схем повысились до единиц мегагерц. Снизились напряжения питания (единицы вольт) и потребляемая машинной мощность.

Более разнообразным становится программное обеспечение, обеспечивающее функционирование ЭВМ в различных режимах. Появляются системы управления базами данных, системы автоматизированного проектирования. Разрабатываются, но пока не находят широкого применения текстовые и графические редакторы. Компьютеры все шире используются для автоматизации технологических процессов и управления производством.

Среди наиболее ярких представителей компьютеров третьего поколения следует указать ЭВМ семейства **IBM System-360**, выпуск которого начался с 1964 года. Все модели семейства имели единую систему команд и отличались друг от друга объемом оперативной памяти и производительностью. Универсальность семейства и приспособленность к решению широкого круга задач была отражена и в его названии: при вращении объекта в пределах 360° обеспечивается возможность движения в любом из направлений. В 1970–1980-х годах в СССР широкое распространение получила единая серия компьютеров **ЕС ЭВМ**, программно и аппаратно совместимая с машинами серий **IBM System/360** и **System/370**.

С 1970 года фирма DEC представила модель **PDP-11**, положившую начало широко распространенной серии 16-разрядных миниЭВМ. Программно и интерфейсно совместимы с моделями PDP-11 были миниЭВМ третьего поколения **СМ-3**, **СМ-4** (СМ – Система малых ЭВМ), выпускавшиеся начиная с 1978 года в НПО «Электронмаш», г. Киев. Другим семейством миниЭВМ, производимым в Украине, были модели **М-6000** (с 1972), **М-7000**, **СМ-1** и **СМ-2** (конец 1970-х), разработанные в НПО «Импульс», г. Северодонецк. Эти ЭВМ были совместимы с компьютерами Hewlett Packard **HP-2000**.



ЭВМ СМ-4 (1979)



Развитие вычислительной техники и расширение области ее применения поставило перед пользователями компьютеров проблему удобного подключения дополнительных устройств, то есть создания **интерфейса** – системы аппаратных (шины, разъемы, согласующие устройства) и программных средств, обеспечивающих связь частей компьютера между собой и с другими устройствами. Для подключения различных внешних устройств было создано два типа интерфейсов – **последовательный** и **параллельный**. Основное отличие между ними состояло в том, что в последовательном интерфейсе за единицу времени передавался один бит, в то время как в параллельном – несколько.



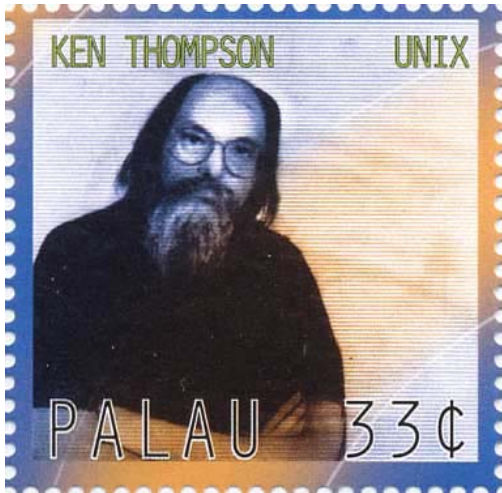
Различные USB-разъемы

Первым параллельным интерфейсом, ставшим де-факто отраслевым стандартом, был **Centronics Port**, разработанный в 1970 году инженерами Wang Laboratories Э. Вангом, Р. Говардом и П. Робинсоном для принтера Centronics 101. В 1994 году Институт электрической и электронной инженерии (IEEE) стандартизирует этот интерфейс под названием **IEEE 1284, LPT** (англ. *Line Print Terminal. port принтера*).

Появление в 1960-х годах компьютерных сетей стимулировало развитие последовательных интерфейсов, наиболее распространенным среди которых стал предложенный в 1962 году американской Ассоциацией электронной промышленности стандарт **RS-232** (англ. *Recommended Standard 232*), реализуемый **COM-портами**. Первоначально RS-232 применялся для соединения компьютера с теле-тайпами, модемами и терминалами, однако, с появлением персональных компьютеров стал использоваться для подключения разнообразных внешних устройств.

В 1981 году американец **Алан Шугарт** предложил к использованию **SCSI** (англ. *Small Computer System Interface*) – универсальную шину для подключения как внутренних, так и внешних устройств. После стандартизации в 1986 году поддержку SCSI стали получать жёсткие диски и дисководы CD-ROM, сканеры, принтеры и другие устройства.

Расширение номенклатуры периферийных устройств, требовавших отдельных разъемов для их подключения, вызвало настоятельную потребность в создании универсальных интерфейсов. Эта проблема была в значительной степени решена в 1996 году, когда появился **USB** (англ. *Universal Serial Bus, универсальная последовательная шина*) – быстро получивший широчайшее распространение последовательный интерфейс для подключения внешних устройств. Сетевая архитектура позволяет подключать большое количество периферии даже к устройству с одним разъемом USB.



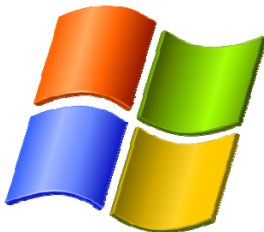
Кеннет Томпсон (р. 1943)



Линус Торвальдс (р. 1969)

Наиболее важной частью программного обеспечения, во многом определяющей производительность и надежность компьютера, несомненно, является **операционная система (ОС)** – комплекс программ, предназначенных для управления ресурсами компьютера и организации взаимодействия с пользователем.

Первая операционная система **GM-NAA I/O** была создана в 1956 году **Р. Л. Патриком** из General Motors и **О. Моком** из North American Aviation для компьютера IBM 704. Первой же массовой ОС стала разработанная в 1964 году фирмой IBM **OS/360** – группа операционных систем для мэйнфреймов System/360.



С 1972 года фирма Bell Laboratories начала выпуск **ОС UNIX**, созданной сотрудниками компании **Кеном Томпсоном** и **Деннисом Ритчи**. Многопользовательский и многозадачный режимы работы и возможность работы на различных аппаратных архитектурах позволили UNIX надолго стать основной системой для мини-компьютеров и рабочих станций.



В сегменте ОС для персональных компьютеров наибольшую популярность приобрели операционные системы фирмы Microsoft – **MS-DOS**, разработанные в 1981 году для IBM PC, и множество поколений выпускаемых с 1985 года систем с графическим интерфейсом **Windows**.



С Windows успешно конкурирует UNIX-подобная ОС **Linux**, созданная в 1991 году финским студентом **Линусом Торвальдсом**. Популярности Linux способствовало ее свободное распространение в виде готовых дистрибутивов, настроенных под конкретные нужды пользователя.

В смартфонах, планшетах и других гаджетах наиболее часто (около 85 % рынка) применяется ОС **Android**, разработанная в 2005 году корпорацией Google на основе ядра Linux и виртуальной машины Java.

В 1975 году фирма **MITS** (Micro Instrumentation and Telemetry Systems), расположенная в Альбукерке (Нью-Мексико, США) и руководимая **Эдвардом Робертсом**, офицером ВВС США с дипломом инженера-электронщика, выпустила компьютер **Альтаир 8800** на основе микропроцессора **Intel 8080** с тактовой частотой 2 МГц, который может считаться первым персональным компьютером (ПК) (разработанный в 1973 году в исследовательском центре Хероу PARC компьютер **Xerox Alto** обладал такими особенностями ПК, как графический интерфейс, мышь и сетевая плата, но не имел коммерческого успеха и так и не был запущен в серию).

Альтаир обладал рядом недостатков: небольшой объем оперативной памяти (256 байт), отсутствие клавиатуры и экрана (пользователи вводили программы и данные в двоичной форме при помощи переключателей; результаты считывали также в двоичных кодах с лампочек на лицевой панели). Несмотря на ограниченные возможности ПК, покупатели довольствовались тем, что имеют собственный компьютер, и мирились со всеми его изъятиями. Росту продаж способствовали также удачная рекламная кампания (фотография еще недоработанного компьютера появилась на обложке журнала Popular Electronics) и невысокая цена – компьютер продавался в сборе за 498 долларов либо в виде комплекта деталей за 397 долларов.

Энтузиасты писали собственные программы для машины и дополняли ее различными периферийными устройствами. В частности, вскоре было разработано устройство сопряжения микрокомпьютера с цветным телевизором – первая в мире цветная видеокарта Cromemco Dazzler.

Студенты Гарварда **Билл Гейтс** и **Пол Аллен**, основавшие впоследствии корпорацию **Microsoft**, написали программу, реализующую для «Альтаира» популярный язык Бейсик. Таким образом, владельцы компьютера получили очень удобный язык, значительно облегчивший программирование.



Генри Эдвард Робертс (1941–2010)



Микрокомпьютер Альтаир 8800 (1975)



Лоуренс Джозеф «Ларри»  
Эллисон (р. 1944)



Внедрение компьютеров в банковские системы, автоматизированные системы управления предприятиями и другие информационно-вычислительные системы потребовало решения задач эффективного хранения и преобразования данных, а также быстрого и удобного доступа к ним. Поэтому в 1960-е годы начали развиваться программные средства для решения этих проблем – **системы управления базами данных (СУБД)**.

Первая промышленная СУБД **IMS** была разработана в 1968 году фирмой IBM для космической программы Аполлон. IMS использовала **иерархическую модель данных**, где данные представлялись в виде древовидной иерархической структуры, состоящей из объектов различных уровней.

Следующим шагом в развитии СУБД стало создание в 1970 году британским математиком **Эдгаром Франком Коддом реляционной модели данных**. **Реляционная база данных** представляет собой множество взаимосвязанных таблиц, каждая из которых содержит информацию об объектах определенного вида. В 1974 году компания IBM представила первую РСУБД System R, для которой был создан специальный язык **SQL** (англ. *structured query language* – «язык структурированных запросов»), позволявший относительно просто управлять данными в этой СУБД. В 1979 появилась первая коммерчески успешная РСУБД **Oracle**, выпущенная компанией Relational Software, переименованной впоследствии в **Oracle Corporation**.

Сегодня Oracle – второй в мире по величине доходов производитель программного обеспечения (оборот за 2016 год \$ 37 млрд), а ее основатель **Ларри Эллисон** занимает седьмое место в списке богатейших людей планеты (личное состояние \$59,5 млрд). Выпускаемые корпорацией СУБД **Oracle Database** и **MySQL** входят в число самых распространенных в мире.

Растущий объем и сложность структуры хранимых данных вызвали интерес к более быстрым и удобным во многих случаях нереляционным **документориентированным СУБД**, например **MongoDB** (от англ. *humongous* – «огромный»), разработанной одноименной компанией в 2009 году.

Существуют компьютерные программы, которые нужны каждому пользователю, независимо от его профессии: текстовые и графические редакторы, электронные таблицы, системы управления базами данных. Обычно такие программные пакеты называются **офисными**.

Первый **текстовый редактор** для персонального компьютера появился в 1975 году, когда кинорежиссер из Нью-Йорка **Майкл Шрейер** разработал программу «Электрический карандаш» (**Electric Pencil**) для компьютера «Альтаир». Программа позволила значительно упростить набор и распечатку текстов и в течение ряда лет была фактически единственным текстовым процессором, доступным массовому потребителю.

В 1983 году корпорация Microsoft представляет текстовый редактор **MultiTool Word** для DOS (позднее переименованный в **Microsoft Word**). После того как в 1989 году была выпущена версия Word для Windows, а программы Word, Excel и PowerPoint были объединены в пакет **Office**, редактор Word стал фактическим стандартом текстового процессора.

В 1979 году другой программный продукт открыл для пользователей **электронные таблицы**. Американские программисты **Дэн Бриклин** и **Роберт Фрэнкстон** создали для компьютера Apple II программу **VisiCalc**, позволившую упростить громоздкие вычисления экономического характера и ведение бухгалтерских книг. VisiCalc и другие продукты этого класса **Lotus 1–2–3** (1982 год), **Microsoft Excel** (1987) обеспечили автоматизацию решения ряда математических и экономических задач с данными, представленными в виде двумерных массивов, имитирующих бумажные таблицы. Отметим, что саму идею электронных таблиц впервые сформулировал еще в 1961 году американский учёный австрийского происхождения **Рихард Маттезих**.

По мере распространения ЭВМ возникла необходимость обработки не только текстовой, но и графической информации. Уже в 1963 году **А. Сазерленд** предложил САПР Sketchpad, в состав которой входил и первый в мире графический редактор. Сегодня пользователям предлагается широкий набор графических редакторов, среди которых наиболее популярны **Adobe Photoshop**, **Corel Draw**, **GIMP**, **Microsoft Paint**.



Майкл Шрейер  
(1934–2006)

Конструктивно-технологической основой компьютеров **четвертого поколения** (с начала 1970-х по настоящее время) являются большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) интегральные схемы, содержащие от десятков тысяч до миллионов транзисторов на одном кристалле. Такая миниатюризация привела к появлению недорогих компьютеров, которые могли размещаться на письменном столе. Компьютеры четвертого поколения стали действительно персональными.

Основной предпосылкой появления персональных

компьютеров стало появление микросхем полупроводниковой памяти и выпуск фирмой Intel в 1971 году первого в мире микропроцессора **Intel 4004**. На основе этого микропроцессора в 1975 году был разработан компьютер **Альтаир 8800**, который обычно считается первым персональным компьютером. Уже в 1976–1977 годах были запущены в серийное производство несколько более совершенных, нежели **Альтаир**, моделей ПК: **Apple I** и **Apple II** фирмы **Apple Computers**, **TRS-80** фирмы **Tandy** и **PET 2001** фирмы **Commodore**.

В 1981 году на рынок ПК вышел гигант компьютерной индустрии – корпорация IBM. 12 августа был представлен компьютер **IBM PC** (PC – англ. *Personal Computer*). Новый компьютер был построен на базе 16-разрядного процессора Intel 8088, имел два дисковода для гибких дисков по 160 Кбайт и оперативную память 64 Кбайт с возможностью расширения до 512 Кбайт. В постоянное запоминающее устройство был «зашит» язык программирования Бейсик. Такие особенности нового IBM PC, как открытая архитектура, удобная операционная система, широкий набор программного обеспечения, определили широкое распространение IBM-совместимых ПК.

Помимо персональных ЭВМ, к четвертому поколению следует отнести мейнфреймы на основе БИС-технологии, в первую очередь – серию **IBM/370** (1970 год), располагающую по сравнению с ЭВМ третьего поколения более развитой системой команд и более широким использованием микропрограммирования, а также организацией виртуальных ЗУ, позволяющих существенно расширить объем доступной пользователю памяти. Предвосхитила многие черты современных суперкомпьютеров модель **Amdahl 470V16** (1975 год) на основе БИС, использующая параллельно-конвейерную обработку данных.



Персональный компьютер  
IBM PC (1981)

Микроэлектронные технологии и расширение класса вычислительных задач в начале 1970-х годов инициировали появление **суперкомпьютеров** – ЭВМ штучного выпуска, многократно превосходящих по скорости вычислений массово выпускаемые компьютеры.

Отдельные черты суперкомпьютеров проявились уже в таких моделях, как британский компьютер **Atlas**, созданный в 1962 году для расчёта параметров атомного оружия и дешифровки перехваченных сообщений, мультипроцессорный компьютер **ILLIAC-IV**, построенный в 1965 году университетом Иллинойса совместно с корпорацией Burroughs по заказу NASA, конвейерные вычислительные системы фирмы Control Data Corporation (CDC) **STAR-100** (1973) и **CYBER-203** (1979).

Но настоящий переворот в скоростных вычислениях произвели машины, разработанные американским инженером **Сеймуром Крэм**. Начиная свою деятельность по конструированию компьютеров в фирме CDC, Крэй в 1972 году основал фирму Cray Research и в 1974 году представил своё детище – построенный на 144 000 охлаждаемых фреоном микросхемах векторно-конвейерный суперкомпьютер **Cray-1** (на рисунке). Он имел производительность 133 Мфлопс – миллионов операций с плавающей точкой в секунду.

По состоянию на июнь 2017 года самым производительным суперкомпьютером в мире являлся китайский компьютер **Sunway TaihuLight** (Божественная сила света озера Тайху) со скоростью вычислений 93 петафлопс ( $10^{15}$  операций в секунду). Компьютер включает 40 960 256-ядерных 64-битных RISC-процессора SW26010 китайского производства, работающих на частоте 1.45 ГГц. Каждый узел содержит 32 ГБ ОЗУ.



Компьютер Sunway TaihuLight  
(2017)



Сеймур Роджер Крэй  
(1925–1996)

В Институте кибернетики им. В. Глушкова НАН Украины в 2012 году разработан суперкомпьютер **СКИТ-4** с производительностью 25.6 терафлопс. Компьютер состоит из 12 узлов на базе процессоров Intel Xeon E5-2600 с частотой 2.6 ГГц и используется для разработки новых материалов и лекарств и даже для расчетов по программе Большого андронного коллайдера.

В 1968 году сотрудник американской фирмы Херох **Алан Кэй**, один из пионеров в областях объектно-ориентированного программирования и графического интерфейса, создатель языка программирования Smalltalk, предложил разработать переносное устройство, которое будет не более блокнота. При этом его возможности должны быть не меньше, чем у больших машин, а дружелюбный интерфейс понятен любому пользователю.



Компьютер Grid Compass (1978)

В 1978 году, основываясь на идеях Кэя, **Уильям Могридж** (компания Grid Systems) по заказу NASA создал для программы Space Shuttle первый в мире **ноутбук Grid Compass**. Его корпус был выполнен из магниевых сплавов, люминесцентный дисплей располагался на откидной крышке, оперативная память на цилиндрических магнитных доменах составляла 340 Кбайт. Весил Grid Compass около 5 кг.

А первый бытовой портативный компьютер **Osborne 1** (масса 11 кг, оперативная память 64 Кб, процессор Zilog Z80A с тактовой частотой 4 МГц, два дисковода, монохромный дисплей  $8,75 \times 6,6$  см, вмещавший 24 строки по 52 символа) был спроектирован и построен американцем **Адамом Осборном** в 1981 году и выпущен на рынок по цене \$1795. Компьютер поставлялся с набором прикладных программ, включающим язык Бейсик, текстовый процессор, электронную



Компьютер Osborne 1 (1981)

таблицу, систему управления базами данных, игры, ряд бизнес-приложений.

Сегодня ноутбуки стали все более энергично теснить стационарные компьютеры в наших домах. Их мобильность и способность подключаться к беспроводному интернету позволяют не только эффективно работать в офисе, но и наслаждаться игровыми и мультимедийными возможностями.



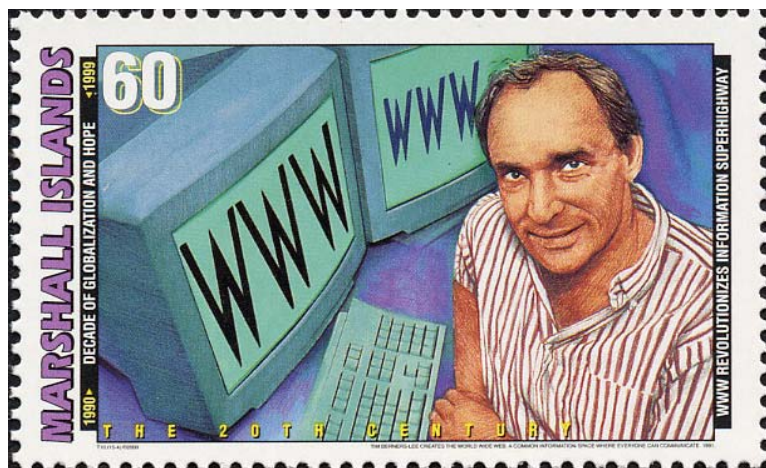
Каждый день миллиарды жителей Земли работают, учатся, общаются, развлекаются с помощью глобальной сети **Интернет**. Иногда кажется, что Интернет существует столько же, сколько и человечество, а, между тем, его история не так уж и длинна.

Теоретические основы создания глобальной компьютерной сети были заложены в работах американского ученого **Джозефа Ликлайдера**. В 1960 году в статье «Симбиоз человек – компьютер», он писал: «Сеть компьютеров, соединённых друг с другом с помощью широкополосных линий связи, выполняет функции сегодняшних библиотек в области хранения и поиска информации». Идеи Ликлайдера предвосхитили цифровые библиотеки, электронную коммерцию, дистанционное банковское обслуживание, облачные технологии.

В 1962–1964 годах Ликлайдер работал в Агентстве Министерства обороны США по перспективным исследованиям ARPA, где разработал основы компьютерной сети **ARPANET** (англ. *Advanced Research Projects Agency Network*), практически реализованной в 1969 году. ARPANET стала первой в мире сетью, перешедшей на маршрутизацию пакетов данных под управлением созданного **Робертом Каном** и **Винтоном Серфом** протокола **TCP/IP**, на котором и по сей день базируется передача данных в Интернете.

А концепция современного Интернета родилась в 1989 году в стенах Европейского совета по ядерным исследованиям ЦЕРН (Женева, Швейцария). Британский учёный **Тим Бернерс-Ли** предложил глобальный гипертекстовый проект, ныне известный как Всемирная паутина (**World Wide Web, WWW**). Первый в мире сайт **info.cern.ch** был создан Бернесом-Ли в мае 1990 года. Бернерс-Ли также разработал первую программу для просмотра веб-страниц – **браузер WorldWideWeb**, позднее переименованный в Nexus (1993 год), протокол передачи гипертекстовых данных **HTTP** (1991), язык разметки гипертекстовых документов **HTML** (1991) и идентификаторы **URI** (1990).

В 1991 году Всемирная паутина стала общедоступной, а в 1993 году появился первый распространённый браузер с графическим интерфейсом **NCSA Mosaic**, послуживший основой популярных браузеров Netscape Navigator и **Internet Explorer** (в 2016 году наибольшей популярностью в мире пользовались браузеры **Google Chrome** и **Mozilla Firefox**).



Тимоти Джон Бернерс-Ли (р. 1955)



Алан Кёртис Кэй  
(р. 1940)



Планшетный компьютер  
Acorn NewsPAD (1994)

Впервые гаджеты, напоминающие планшетный компьютер, появились в голливудских фантастических фильмах: в телесериале «Звездный путь» (1966) был показан планшетник **PADD**, а в 1968 году карманный компьютер под названием **Newspad** использовали герои кинофильма Стэнли Кубрика «2001: Космическая одиссея», снятого по книге Артура Кларка.

Научные основы будущих ноутбуков и планшетов были заложены американским ученым **Аланом Кэем** в 1968 году в работе «Персональный компьютер для детей всех возрастов». Кэй предложил концепцию портативного устройства с клавиатурой и графическим дисплеем, названного им **KiddiComp**. В 1972 году Кэй представил проект первого в истории планшета **Dynabook**, предназначенного не только для детей, но и для взрослых.

А технической базой, обеспечившей появление планшетов, стало изобретение в начале 1970-х годов американским инженером **Джорджем Сэмюэлем Херстом** сенсорного экрана, реагирующего на прикосновения к нему.

Практического же воплощения идеи планшетника пришлось ждать довольно долго. Только в 1994 году по инициативе Европейского Союза компания Acorn Computers разработала устройство с сенсорным экраном для чтения новостей. Новинка получила название **Acorn NewsPAD** и не имела существенного успеха. Более совершенный планшетный компьютер **DEC Lectrice** компании DEC, оснащенный стилусом и сенсорным дисплеем, появился на рынке в 1996 году. Он предназначался для работы с текстами и явился предком не только планшетов, но и электронных книг.

В 1999 году компания Intel анонсировала первый в мире планшет с возможностью выхода в интернет **WebPad**, а в 2010 году компания Apple представила интернет-планшет **Apple iPad**. Энергоэффективный процессор ARM, мобильная операционная система и управление пальцами, а не стилусом позволили iPad стать классическим примером интернет-планшетов.



Каждый год на рынке появляется все больше «умных» предметов. **Умные вещи** стремительно входят в нашу жизнь, делая ее более удобной и интересной. Например, холодильник может следить за свежестью продуктов, которые хранятся в нем и даже заказывать продукты в супермаркете, умная лампочка включится, когда хозяин войдет в дом, умная кастрюля приготовит вкусное блюдо в соответствии со считанным рецептом. А возможны эти чудеса только, если умные вещи подключены к сети Интернет.

Такая возможность устройств быть подключенными к всемирной сети, взаимодействовать между собой и с окружающим миром получила название **Интернет вещей, ИВ** (англ. *Internet of Things, IoT*). Первая в мире интернет-вещь появилась в 1990 году, когда один из создателей протокола TCP/IP **Джон Ромки** подключил к сети тостер, что позволило определять готовность тостов на расстоянии. Концепция и термин IoT впервые сформулированы **Кевином Эштоном** в 1999 году на презентации по улучшению логистических цепей в корпорации Procter & Gamble путем внедрения радиочастотных меток. Радиочастотная идентификация, **RFID** (англ. *Radio Frequency IDentification*) – способ идентификации объектов, с которых по радиоканалу считываются данные, хранящиеся в так называемых RFID-метках. Наряду со штрих-кодами и QR-кодами, RFID послужила значительным толчком к внедрению в быт IoT.

В 2004 году в журнале Scientific American появилась статья, выделяющая IoT как особое явление и наглядно показывающая, как бытовые приборы (будильник, кондиционер), домашние системы (система садового полива, охранная система, система освещения), датчики освещенности и движения и вещи (например, лекарственные препараты, снабженные идентификационной меткой) взаимодействуют друг с другом посредством цифровых сетей и обеспечивают автоматическое выполнение процессов: включают кофеварку, изменяют освещенность, напоминают о приеме лекарств, поддерживают температуру, обеспечивают полив сада, сберегают электроэнергию.

Количество подключенных к Интернету вещей в 2017 году составило более 6 млрд и в ближайшее время превысит число подключенных смартфонов и компьютеров. IoT переходит в «Интернет всего» или «**Всеобщий Интернет**» (**Internet of Everything, IoE**). Всеобщий Интернет объединяет в себе не только неодушевленные предметы, но и людей, процессы и данные.

Стремительное развитие IoT породило, к сожалению, и такие проблемы, как использование умных вещей для организации DDoS-атак и нарушения конфиденциальности персональных данных пользователей.



Марк Эллиот Цукерберг  
(р. 1984)



Термин «**социальная сеть**» ввел в 1954 году австралийский социолог **Джон Барнс** как «универсальную систему связей, удовлетворяющую потребности людей в группировании по определенным интересам». До наступления эры Интернета термин использовался только профессиональными социологами, пока не появилась возможность переноса межличностных коммуникаций в виртуальное пространство. Интересно, что еще в 1837 году русский писатель **Владимир Одоевский** в утопическом романе «4338-й год» предсказывал: «Между домами устроены магнетические телеграфы, посредством которых живущие на далеком расстоянии разговаривают друг с другом, а в домашних газетах помещаются извещения о здоровье хозяев и другие домашние новости, разные мысли, замечания, небольшие изобретения».

Вероятно, первым компьютерно-ориентированным социально-сетевым ресурсом стал портал **Classmates.com**, созданный в 1995 году **Рэнди Конрадсом**, инженером компании «Боинг», который очень хотел найти своего одноклассника. Сайт предоставлял пользователям возможность восстановить связь с бывшими одноклассниками, однокурсниками, сослуживцами.

В 2004 году студентом Гарвардского университета **Марком Цукербергом** был запущен портал **Facebook**. К 2008 году Facebook стал крупнейшей в мире соц-сетью, а его основатель – самым молодым миллиардером. К 2016 году аудитория Facebook составила 1,71 миллиарда пользователей, оставляющих ежедневно 6 миллиардов «лайков» и комментариев.

Услуги хранения и показа видео предоставляет пользователям видеохостинг **YouTube**, основанный в 2005 году. Благодаря простоте и удобству использования YouTube стал вторым сайтом в мире по количеству посетителей (более 4 миллиардов просмотров видео в день).

Для обмена короткими сообщениями (микроблоггинг) служит социальная сеть **Twitter** (500 млн пользователей), для деловых контактов – сеть **LinkedIn** (400 млн), для обмена фотографиями – **Instagram**.

Идея того, что сейчас мы называем **облачными вычислениями** (англ. *cloud computing*), впервые была озвучена одним из основоположников сетевых технологий **Джозефом Ликлайдером** еще в 1970 году и состояла в том, что каждый абонент сети сможет получать из нее не только данные, но и программы. Другой американский ученый **Джон Маккарти**, создатель термина «Искусственный интеллект» и языка программирования ЛИСП, указывал, что «вычислительные мощности могут когда-нибудь стать публично доступными ресурсами».



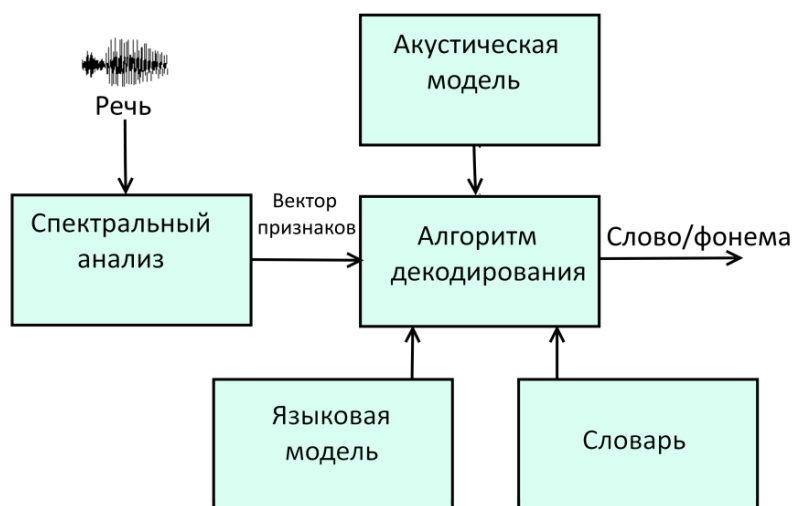
Практически эта идея была впервые реализована в 2006 году, когда компания **Amazon** представила веб-сервис **Elastic Computing Cloud (Amazon EC2)**. В 2008 году появились облачные платформы **Windows Azure** и **Google App Engine**. Принципиальное отличие новых структур было в том, что пользователи получали в распоряжение не только хостинг для хранения данных, но и вычислительные мощности серверов провайдеров.

При помощи облачных технологий каждый пользователь Интернета может получить через компьютер, планшет, телефон или другое мобильное устройство безопасный и отказоустойчивый доступ из любой точки планеты к практически неограниченным ресурсам. При этом клиент значительно снижает затраты на дорогостоящее программное и серверное обеспечение.

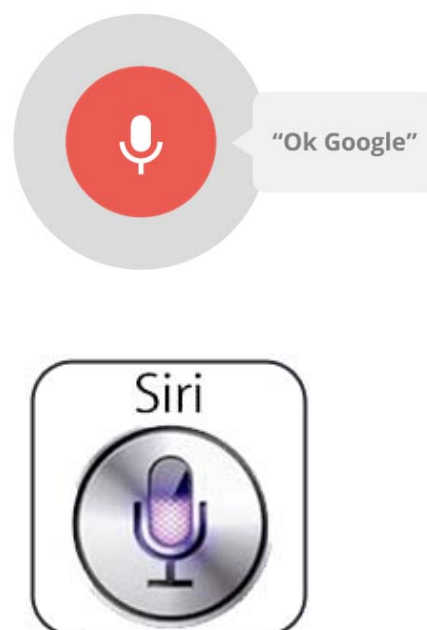
Одной из важных сфер применения облачных технологий является обработка так называемых **больших данных** (англ. *big data*). Понятие больших данных подразумевает совокупность инструментов и методов обработки огромных объемов часто обновляемых данных различной природы и из различных источников для получения воспринимаемых человеком результатов.

Впервые термин *big data* был употреблен в 2008 году **Клиффордом Линчем** в спецвыпуске журнала *Nature*, посвященном взрывному росту мировых объемов информации, а уже в 2009 году появляются первые продукты и решения для обработки больших данных. Хранение больших данных осуществляется в специальных дата-центрах, а обработка производится с применением параллельных, распределенных и облачных вычислений.

Примером технологии «больших данных» является **Hadoop** – запущенный в 2008 году проект фонда *Apache Software Foundation*, свободно распространяемое программное обеспечение для разработки и выполнения распределённых программ, работающих на кластерах из сотен и тысяч узлов. Используется для реализации поисковых и контекстных механизмов многих высоконагруженных веб-сайтов, в том числе для *Yahoo!* и *Facebook*.



Структура системы распознавания речи



Сегодня уже никого не удивляет, когда человек, обращаясь к телефону, спрашивает, какая будет погода или что вечером посмотреть в кино. А появились системы ввода голосовой информации в компьютер практически одновременно с началом коммерческого применения ЭВМ. Первая относительно успешная попытка была предпринята в 1952 году, когда компания Bell Laboratories представила систему «**Audrey**», которая с вероятностью до 90 % распознавала цифры от нуля до девяти. В 1962 году IBM продемонстрировала систему «**Shoebbox**», «понимающую» 16 слов.

Большие шаги в автоматическом распознавании речи были сделаны в 1970-е годы благодаря поддержке министерства обороны США. Разработанные учеными Университета Карнеги Меллона под руководством **Раджа Редди** системы «**Harpy**» и «**Hearsay**» имели словарь порядка 1000 слов и, хотя не удовлетворяли полностью требованиям заказчика, использовали методы и архитектуры систем распознавания речи, применяемые и сегодня.

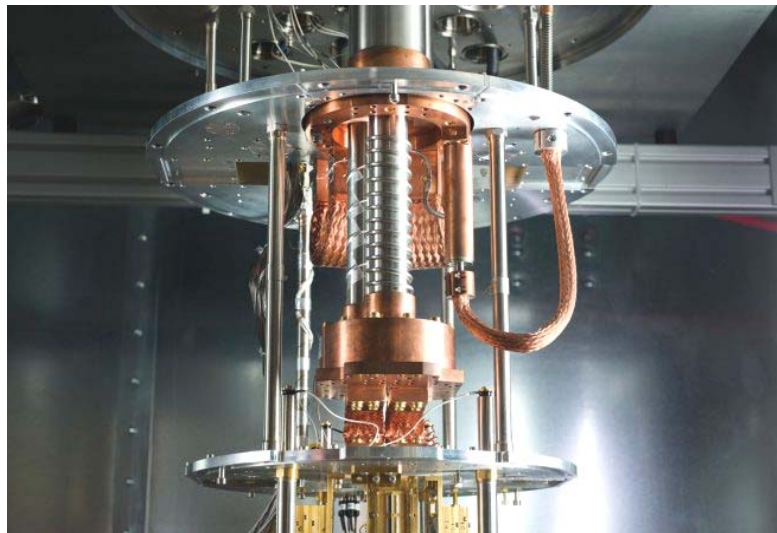
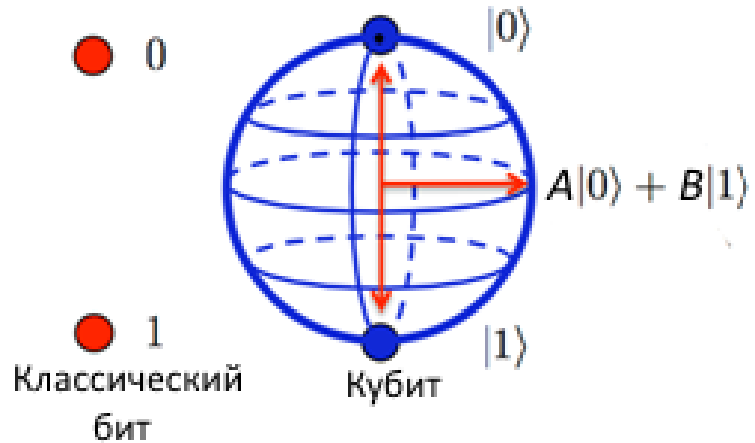
Типичная структура системы распознавания речи включает блок шумоподавления, спектроанализатор, акустическую модель, описывающую произношение того или иного звука, языковую модель, определяющую наиболее вероятную словесную последовательность из словаря. Далее осуществляется непосредственно декодирование последовательности с применением **динамического программирования**, **Байесовской дискриминации**, **скрытых Марковских моделей** и **нейронных сетей**.

Прорыв в технологиях распознавания естественной речи можно отнести к 2009 году, когда появилось мобильное приложение **Voice Search** от Google. Работа Voice Search основывалась на технологии облачных вычислений, что позволило применять для голосового поиска суперкомпьютеры и распознавать 230 млрд слов на более чем 40 языках.

**В 2011 году** Apple представила iPhone 4S с установленной программой **Siri**, в 2014 программу **Cortana** представил Microsoft. Эта программа не просто распознает слова, но выступает в качестве персонального помощника, способного обрабатывать естественную речь, отвечать на вопросы, предоставлять рекомендации и даже управлять «умным» домом.

Достигнутые в последние годы успехи в области физики позволили разработать вычислительные устройства на принципиально новой элементной базе – предсказанные еще в 1981 году американским физиком **Ричардом Фейнманом** **квантовые компьютеры**.

Основу квантового компьютера составляют так называемые **кубиты** – квантовые элементы хранения информации. Термин «кубит» (QuBit – квантовый бит) ввел в 1983 году израильский физик **Стивен Визнер**. Кубит имеет два состояния, обозначаемые  $|0\rangle$  и  $|1\rangle$ , но при этом может находиться в их суперпозиции, то есть в состоянии  $A|0\rangle + B|1\rangle$ . Таким образом, с ростом количества кубитов число обрабатываемых одновременно значений и соответственно скорость вычислений увеличиваются в геометрической прогрессии.



Квантовый компьютер D-Wave

Наиболее перспективным методом физической реализации квантовых компьютеров представляется использование **эффекта Джозефсона** – явления протекания сверхпроводящего тока через тонкий слой диэлектрика, разделяющий два сверхпроводника. Конструктивно такие кубиты представляют собой петли из находящегося при сверхнизкой температуре сплава ниобия.

В конце 2017 года корпорация IBM представила рабочий прототип 50-кубитного квантового процессора. В будущем новый компьютер будет доступен пользователям в облаке в рамках проекта IBM Q.

Канадская компания **D-Wave Systems** с 2007 года заявляет о создании так называемых **адиабатических компьютеров**, работающих по принципу **квантового отжига**. Рабочая температура экранированных от внешних электромагнитных полей сверхпроводниковых чипов в аппарате D-Wave 2X составляет около 15 микрокельвин, что обеспечивает работоспособность 128 000 джозефсоновских переходов. 28 сентября 2016 года D-Wave при поддержке компании Google представила квантовый компьютер на 2048 кубитов, пригодный, однако, для решения лишь узкого круга задач.

## 5. Поздравляем, Вам письмо...телеграмма... звонок... ...СМС...e-mail...

Касаясь экрана любимого смартфона или планшета, общаясь в скайпе, оставляя сообщения в социальных сетях, мы редко задумываемся о том, откуда взялись эти удобства, и как случилось, что средства связи стали частью нашего быта. Сейчас даже школьники и пенсионеры не мыслят своей жизни без этих чудес техники и не видят ничего удивительного в том, что в считанные секунды можно связаться с человеком на другом конце света, просто набрав несколько цифр. А могли ли мы мечтать о таком еще недавно?

При этом мы не задумываемся, какие объемы информации носятся вокруг нас по разнообразным каналам связи. Еще толком не умеющие читать детишки обсуждают миллионы пикселей на экране, миллиарды байт флеш-памяти и операций в секунду в телефоне или планшете, триллионы единиц хранения на винчестере ноутбука. Как же получилось, что в кармане у каждого хранится объем информации больший, чем в огромной библиотеке?

Потребность в общении между особями существует у большинства видов животных, но наиболее ярко она выражена у человека. Можно сказать, что отделяет Homo sapiens от животного мира именно богатство способов межвидовой коммуникации. На заре своего существования человек мог подавать сигналы членам племени только голосом, потом он научился бить в барабаны и другие предметы, сигналить кострами и факелами.

Развивалась человеческая цивилизация – развивались и средства связи. Появление письменности, изобретение первых механизмов, развитие науки – все эти этапы развития человечества вызывали и появление новых систем связи. При этом усложнение отношений в обществе требовало передачи все больших объемов информации с большей скоростью, высокой надежностью и секретностью. Традиционная передача известий при помощи гонцов уже не удовлетворяла людей.

Новые возможности в передаче сообщений подарило людям открытие электричества. Теперь сообщения можно было почти мгновенно доставлять за сотни и тысячи километров сначала с помощью проводных, а затем и беспроводных линий связи. Менее чем за сто лет в XIX веке появились и вошли в повседневную жизнь телеграф, телефон, радиосвязь.

А уж двадцатый век преподнес человечеству такие сюрпризы, о которых и авторы фантастических романов не всегда догадывались. Достижения в области физики и математики создали технологическую базу для всех современных средств массовой информации и коммуникаций. В быт вошли радиовещание, телевидение, Интернет, мобильная связь.

Развитие информационных технологий привело к тому, что достижения в области хранения, обработки и передачи информации сегодня являются определяющим фактором современной экономики, интеллектуальной и организационной деятельности человечества. Основным этапам истории связи и информационных технологий и посвящена эта глава.



**Демокрит Абдерский** – древнегреческий мыслитель, один из основателей материалистической философии. Главным научным достижением Демокрита считается развитие им учения об «атоме» – неделимой частице вещества, не разрушающейся и не возникающей.

Менее известно другое изобретение Демокрита, сделанное им совместно с **Клеоксеном** – **факельный телеграф**. Древнегреческий историк Полибий в своих трудах писал, что уже в V веке до нашей эры Клеоксен и Демокрит предложили передавать на видимое расстояние буквы греческого алфавита посредством комбинации факелов. С этой целью греческий алфавит они представили в виде квадратной таблицы из пяти строк и пяти столбцов.

Передаточные станции представляли собой две башни, на каждой из которых можно было размещать от одного до пяти факелов. Факелы первой башни указывали номер строки таблицы, а факелы второй башни – на номер буквы в строке (днем вместо факелов использовались флаги). Например, изображение на рисунке соответствует третьей букве второй строки – Θ.



Башни связи, предложенные Демокритом и Клеоксеном



Демокрит Абдерский  
(ок.460 до н. э. – ок. 370 до н. э.)

Клеоксен и Демокрит предложили передавать

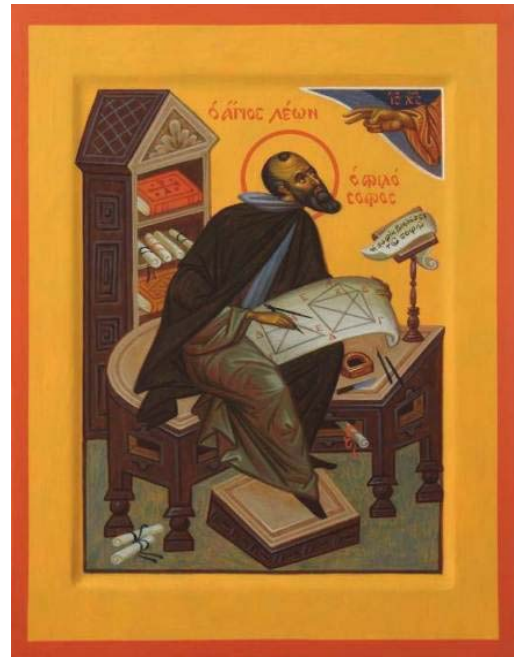
Α	Β	Γ	Δ	Ε
Ζ	Η	Θ	Ι	Κ
Λ	Μ	Ν	Ξ	Ο
Π	Ρ	Σ	Τ	Υ
Φ	Χ	Ψ	Ω	

Кодовая таблица

Вероятно, это был первый известный информационный код в истории человечества. Подобные системы связи не получили широкого распространения, поскольку скорость и дальность передачи сильно зависели от таких факторов, как время суток и погодные условия. От системы Демокрита и Клеоксена сохранилось, однако, название **телеграф** (др.-греч. теле – «далеко» + графо – «пишу») в современном значении – средство передачи сигнала по проводам, радио или другим каналам электросвязи.



Карфагенский водяной телеграф



Лев Математик  
(около 790 – около 870)

Древнегреческий военный историк Эней Тактик, указывал, что во время войны Карфагена с Сиракузами (405–367 до н. э.) карфагеняне изобрели способ передачи сигналов на дальние расстояния (из Карфагена в Сицилию) при помощи **водяного телеграфа**.

Телеграф представлял собой два одинаковых сосуда (на передающей и принимающей стороне), в каждый из которых вставлялась закрепленная в плавающей пробке вертикальная стойка с нанесенными делениями. Каждое из делений означало то или иное сообщение, частое во время войны, например, первое – «вторглись всадники», второе – «прислать военные корабли», третье – «не хватает денег» и т. д. У дна сосудов находились сливные отверстия, одинакового размера и одинаково расположенные для обоих.

Отправитель передавал сигнал горящим факелом и одновременно открывал слив. Когда получатель видел прошедший через промежуточные станции сигнальный огонь, он также открывал слив. В тот момент, когда отметка с нужным сообщением равнялась с краем сосуда, отправитель вторично сигнализировал факелом. Адресат смотрел, до какого деления опустился поплавок у него, и, так образом, узнавал, какая информация передана. Фактически, при передаче сообщения использовалась широтно-импульсная модуляция.

**Лев Математик** (или **Лев Философ**) – византийский математик и механик. Лев систематически применял буквы как арифметические символы, предвосхищая становление алгебры. Изобрёл систему световой сигнализации, посредством которой передавались сообщения о событиях в соседних странах (в частности, в Арабском Халифате). **Световой телеграф** Льва Математика, представлявший собой систему сигнальных башен, позволял в течение часа передать сообщение от границы с Халифатом в Константинополь (что было весьма важно в условиях постоянных арабских набегов).



Клод Шапп  
(1763–1805)



Башня оптического  
телеграфа Шаппа

В XVII–XVIII веках в Англии и Франции зародились первые проекты инженерных сооружений для визуальной передачи сообщений посредством семафорной азбуки. Одним из первых разработал проект **оптического телеграфа** английский естествоиспытатель **Роберт Гук**, автор названного его именем закона упругости. В докладе Лондонскому королевскому обществу в 1684 году он предложил вывешивать предметы особой формы, обозначающие различные буквы или фразы на высоких помостах и разглядывать их в изобретенную к тому времени подзорную трубу. Оптический телеграф Гука применяли в английском флоте почти до конца XVIII века.

Следующим этапом в развитии оптического телеграфа стал 1789 год, когда французский изобретатель **Клод Шапп** создал «флажковый» телеграф. Прибор был представлен национальному конвенту под названием **семафор** (носитель знаков). На здании Лувра был установлен длинный шест, к которому прикрепили подвижную перекладину длиной 2,7 м. На ее концах находились короткие линейки. От перекладины и линеек в помещение, где сидел телеграфист, проходили тяги, с их помощью вся конструкция могла изображать 196 фигур. Шапп выбрал из них 76, причем каждая означала определенный символ. Братья Клод и Игнас Шапп в 1794 году построили телеграфную линию между Парижем и Лиллем длиной 225 км, а первое извещение по ней о взятии французами у австрийцев города Конде было получено уже в первый же день, 1 сентября. Для передачи одного знака требовалось 2 минуты. От Парижа до Бреста депеша передавалась за 7 минут.

Впоследствии свой прибор Шапп назвал «ташиграфом», то есть «скорострицем», но затем переименовал его в «телеграф», или «дальнописец», и с тех пор это название сохранилось за всеми подобными аппаратами.



Жан Батист Жозеф Фурье  
(1768–1830)

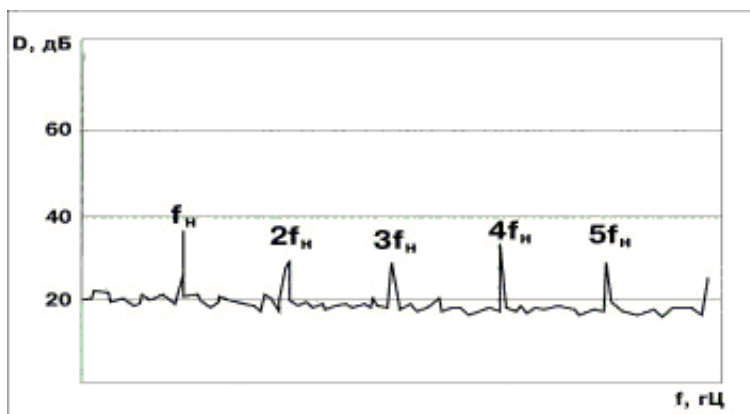
Практически каждый инженер когда-либо сталкивался с задачами **спектрального анализа**. Трудно даже перечислить все области, в которых применяется спектральное разложение сигналов: связь, распознавание речи и аудиосигналов, радио- и гидролокация, неразрушающий контроль, компьютерная медицинская диагностика, автоматическое управление, анализ и синтез электрических цепей и множество других применений. Представление сигналов в виде суммы гармонических составляющих прочно вошло в инженерную практику и позволяет решать множество теоретических и практических задач.

А положил начало этому эффективно-му подходу французский математик и физик **Жан Батист Жозеф Фурье**. Его «Аналитическая теория тепла» (1822) явилась отправным пунктом в создании теории тригонометрических рядов (**рядов Фурье**).

Фурье предложил представлять функцию  $f_c$  периодом  $T$  в виде ряда  $f(t) = a_0 + \sum_{k=1} \left( a_k \cos \frac{2\pi kt}{T} + b_k \sin \frac{2\pi kt}{T} \right)$  и указал формулы для вычисления коэффициентов  $a_k$  и  $b_k$ . Любопытно, что многие современники Фурье (Л. Эйлер, Ж. Л. Даламбер, Ж. Лагранж) не сразу оценили идеи Фурье.

В случае, если  $f$  является функцией времени и представляет физический сигнал, преобразование Фурье позволяет получить **спектр сигнала**, а коэффициенты  $a_k$  и  $b_k$  образуют ряд спектральных коэффициентов (следует отметить, что существует несколько видов **преобразования Фурье**, применяемых в зависимости от свойств сигнала и поставленной задачи анализа).

Спектральный язык представления сегодня стал всеобщим для всех, кто имеет дело с анализом различного рода колебаний. Так, на рисунке приведен спектр сигнала вибрации подшипника с раковинной наружного кольца, не обнаруженной при визуальном осмотре, на что указывает ряд слабозатухающих гармоник в спектре.



Спектр виброграммы  
дефектного подшипника



Телеграфный аппарат  
П. Л. Шиллинга



Павел Львович  
Шиллинг (1786–1837)

Не так просто отыскать столь разностороннего исследователя, как барон **Павел Львович Шиллинг фон Канштадт** – физик и востоковед, криптограф и изобретатель, дипломат и издатель.

П. Л. Шиллинг возглавлял одно из секретных подразделений Министерства иностранных дел России – цифирную экспедицию, занимавшуюся зашифровкой и расшифровкой различных текстов, обеспечил раскрытие шифров большинства европейских государств и был признан одним из наиболее успешных специалистов по **криптографии** в мире.

Долгое время он работал над задачей дистанционного подрыва по проводу пороховых зарядов при помощи электрических запалов, что впервые доказало практическую ценность передачи электрического тока на расстояние (возможно, на эту идею Шиллинга натолкнули исследования **И. С. Швейггера**, предложившего использовать взрыв небольшого количества гремучего газа в качестве сигнала телеграфного вызова – своеобразного рингтона).

Главной же заслугой Шиллинга является построение первого в мире работоспособного **электромагнитного телеграфа** (идею такого телеграфа впервые высказал А. М. Ампер в 1820 году). Передача происходила по восьмипроводной линии, а для кодирования символов Шиллинг впервые применил двоичный телеграфный код, при котором роль единиц и нулей выполняли черные и белые кружки с магнитными стрелками, поворачивающимися в магнитном поле шести катушек (Шиллинг утверждал: «Я нашёл средство двумя знаками выразить все возможные речи...»). Текст первой телеграммы на французском языке «Я очень рад был посетить господина Шиллинга» составил и передал 21 октября 1832 года сам российский император Николай I.

Вероятнее всего, именно П. Л. Шиллингу А. С. Пушкин, хорошо знакомый с ученым, посвятил свои знаменитые строки:

*О сколько нам открытий чудных  
Готовит просвещенья дух,  
И опыт – сын ошибок трудных,  
И гений – парадоксов друг.*



## Эварист Галуа (1811–1832)

в которую в течение последующих лет Галуа сделал фундаментальный вклад.

Галуа нашёл необходимое и достаточное условие выражения корней уравнения произвольной степени через арифметические действия над числами и радикалами (до Галуа никому не удавалось решить в радикалах уравнение пятой степени или выше). Но наиболее ценным был даже не этот результат, а методы, с помощью которых Галуа удалось его получить. В ходе исследований Галуа заложил основы современной алгебры, ввел в науку такие понятия, как группа, изоморфизм и гомоморфизм и, главное, дал определение поля как алгебраического объекта. До сих пор конечные поля носят название **полей Галуа** и обозначаются  $GF(p)$  (англ. *Galois field*).

К сожалению, уже в возрасте двадцати лет юный ученый был убит на дуэли (в точности неизвестно, явились ли причиной поединка личные обстоятельства или радикальные республиканские убеждения Галуа). В ночь перед дуэлью Галуа написал своему другу Огюсту Шевалье письмо, в котором изложил суть созданной теории, опубликованное лишь спустя 14 лет.

Сегодня теория Галуа используется в таких областях, как кристаллография, физика элементарных частиц, цифровая обработка сигналов. Однако главным объектом ее применения является защита информации от помех и несанкционированного доступа. На основе полей Галуа построены коды **Боуза-Чоудхури-Хоквингема** и **Рида-Соломона**, широко применяемые при передаче информации и записи в память и на дисковые носители. Поля Галуа являются основой криптографических протоколов Шнорра, Чаума и других.

Выдающийся французский математик, основатель высшей алгебры **Эварист Галуа** родился 25 октября 1811 года в городке Бур-ла-Рен близ Парижа. Уже в период обучения в парижском лицее Людовика Великого сформировался интерес Галуа к математике. Юноша изучил работы выдающихся математиков того времени А. Лежандра, Ж. Лагранжа, Н. Абеля, причем особый его интерес вызвала теория уравнений,

		1	2	3	4	5	5	7
1	1	1	2	3	4	5	5	7
$x$	2	2	4	6	3	1	7	5
$x+1$	3	3	6	5	7	4	1	2
$x^2$	4	4	3	7	6	2	5	1
$x^2+1$	5	5	1	4	2	7	3	6
$x^2+x$	6	6	7	1	5	3	2	4
$x^2+x+1$	7	7	5	2	1	6	4	3

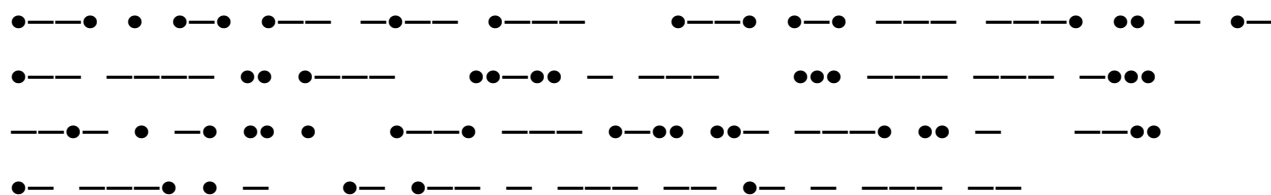
Таблица умножения над конечным полем  $GF(2^3)$ , полином  $f(x) = x^3 + x + 1$

Электромагнитный телеграф П. Л. Шиллинга, в котором он использовал некоторые идеи А. М. Ампера, И. С. Швейггера и С. Т. Земмеринга, был в дальнейшем усовершенствован немцами К. Ф. Гауссом, В. Э. Вебером и англичанами Ч. Уитстоном и У. Куком, однако, наибольшее распространение получила однопроводная модель американца **С. Морзе**.

В возрасте до 41 года Морзе был профессиональным художником, пользовался авторитетом в творческих кругах, избирался главой Национальной Академии рисования. С 1832 года после знакомства с телеграфным аппаратом Гаусса–Вебера, о котором ему во время путешествия на корабле рассказал американский врач Ч. Джексон, Морзе полностью отдался изобретательству.

В сентябре 1837 года С. Морзе впервые продемонстрировал образец своего телеграфного аппарата. Путем нажатия ключа на передающем конце в линию посылались короткие или длинные импульсы. На приемном конце вместо стрелок использовался электромагнит, к якорю которого при приходе импульса притягивалось плечо рычага. При этом другое плечо с пишущим приспособлением поднималось и наносило на непрерывно движущуюся ленту требуемые знаки – точки и тире. По совету американского физика Дж. Генри в качестве ретрансляторов телеграфных сигналов на конце каждого участка линии использовались электромагнитные реле, что позволило Морзе 24 мая 1844 года отправить депешу с текстом «Чудны дела твои, Господи!» («What hath God wrought!») на 64 км из Балтимора в Вашингтон.

За счет применения оригинальной системы кодирования информации, ставшей стандартом во всем мире, Морзе удалось уменьшить число проводов до одного (вместо другого использовалась земля). Предложенная Морзе система кодирования (некоторые исследователи полагают, что её автором был бизнес-партнер Морзе Альфред Вейл) существенно отличалась от современной морзянки, однако основной принцип кодирования чаще употребляемых букв более простыми сочетаниями точек и тире сохранился до сих пор.



Сообщение, закодированное кодом Морзе



Сэмюэл Морзе (1791–1872)



Жан Морис Эмиль Бодо  
(1845–1903)



Телеграфный аппарат Бодо

В 1872 году французский изобретатель **Жан Морис Эмиль Бодо** сконструировал свой телеграфный аппарат многократного действия – он имел возможность передавать по одному проводу два и более сообщения в одну сторону. Аппарат Бодо и созданные по его принципу устройства получили название **стартстопных**. В отличие от предшествующих аппаратов, использующих азбуку Морзе, аппарат Бодо передавал сообщения, используя буквы латинского алфавита. Через два года изобретатель модернизирует свое изобретение и создает двукратный аппарат, а впоследствии – пятикратный аппарат, введенный в эксплуатацию в 1877 году на линии Париж – Бордо и обеспечивающий скорость передачи около 900 знаков в минуту. Кроме самого аппарата, Бодо разработал распределитель, дешифратор и печатающий механизм.

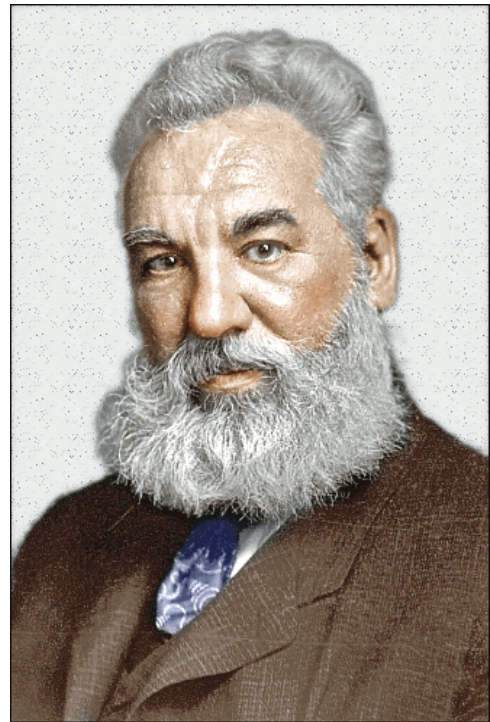
Помимо самого устройства, Бодо придумал ещё и весьма удачный телеграфный код (**Код Бодо**), получивший впоследствии наименование Международный телеграфный код №1 ССИТТ-1 (ITA1). В нём использовалось всего два вида сигналов, которые можно условно назвать нулем и единицей. Длина кодов всех символов алфавита одинакова и равна пяти, благодаря чему не возникает проблемы отделения букв друг от друга. **Код Бодо** – первый в истории техники пример **двоичного кодирования** информации. Благодаря идее Бодо удалось автоматизировать процесс передачи и печати букв – нажатие клавиши с определенной буквой вырабатывало соответствующий пятиимпульсный сигнал, передаваемый по линии связи. Принимающий аппарат под воздействием этого сигнала печатал ту же букву на бумажной ленте.

В 1927 году в честь Бодо назван **Бод** – единица измерения символьной скорости, то есть количество изменений информационного параметра сигнала в секунду. В случае двоичного кодирования бод – это количество бит, переданное в секунду. Иногда в бодах выражают полную ёмкость канала с учетом служебных символов (бит), если они есть.





Телефон А. Г. Белла (1876)



Александр Грейам Белл  
(1847–1922)

**Александр Белл** был не только основоположником **телефонии**, но и основателем компании **Bell Labs**, определившей развитие телекоммуникаций в США. 2 июня 1875 года Белл со своим помощником Ватсоном занимались настройкой изобретенного Беллом гармонического телеграфа, который должен был по одному проводу передавать одновременно семь телеграмм. Случайно, при устранении неисправности, Белл услышал пришедший по проводам едва слышный звук ругательств помощника. В этот вечер родилась идея создания аппарата, передающего звуки на расстоянии. 7 марта 1876 года Белл получил патент США на «метод и аппарат для передачи речи по телеграфу с помощью электрических волн», а уже 10 марта состоялась передача первой исторической фразы: «Мистер Ватсон, идите сюда. Вы мне нужны».

Следует отметить, что приоритет Белла в изобретении телефона многократно оспаривался. Многие историки считают, что приоритет в изобретении телефона принадлежит итальянцу **Антонио Меуччи**, а патент Белла был получен благодаря его тесному сотрудничеству с компанией Вестерн Юнион. В 2002 году Комиссия Конгресса США установила, что первым в мире изобрел и испытал телефон именно Меуччи еще в 1860 году.

Сам Белл считал своим главным изобретением **фотофон** – устройство для беспроводной передачи звуков при помощи света (1880). Используемая в фотофоне селеновая пластинка явилась первым в мире фотоэлектрическим преобразователем света в электрические колебания и, таким образом, фотофон Белла явился предшественником **волоконно-оптических линий связи**.

Белл впервые установил, что слуховая восприимчивость зависит не от уровня мощности звуковой волны, а от ее логарифма. Он обнаружил, что порог слышимости составляет около  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> и определил логарифмическую шкалу звуковой мощности, единицы громкости которой называются **белами**. Громкость в беллах равна  $\lg(P/P_0)$ , где  $P_0$  – порог слышимости. В десятых долях бела – **децибеллах** (дБ) часто выражают отношение величин. Отношение двух мощностей в дБ равняется  $10 \lg(P_1/P_0)$ , а напряжений –  $20 \lg(V_1/V_0)$ .



Телефонная станция  
XIX века



Здание АТС в Харькове  
(1930)

Демонстрация телефонного аппарата произвела на мировую общественность настолько сильное впечатление, что уже в 1877 году первая в мире телефонная линия связала квартиру и канцелярию американского бизнесмена Уильдиса в Бостоне. В конструкцию телефона вносились усовершенствования, упрощавшие его использование. В 1878 году английский физик Дэвид Хьюз изобрел **угольный микрофон**, а первый **телефон-автомат** продемонстрирован в 1890 году на Всемирной выставке в Париже.

Первая **телефонная станция** была установлена в 1879 году в Нью-Хевене (США). В 1880-х годах телефонные станции появляются во многих городах мира. Коммутация на них велась вручную, с помощью штекеров, которыми ловко управляли «телефонные барышни», причем работать телефонистками разрешалось только молодым женщинам, которым было запрещено выходить замуж, т.к. «дополнительные мысли и проблемы могли привести в ошибкам в соединении телефонных номеров». В 1889 году американский изобретатель **Элмон Строуджер** получил патенты на **дисковый номеронабиратель** и **автоматическую телефонную станцию (АТС)**.

Первый телефонный аппарат в Харькове появился в полиции и был соединен с аппаратом на телеграфе, произошло это в 1883 году. А уже 25 октября 1888 года телефонная станция общего пользования, соединяющая 100 телефонов, начала действовать и в Харькове на Вознесенской площади, причем стоила эта услуга до 150 рублей в год за каждый телефонный аппарат (учитель получал 20–25 рублей в месяц).

В 1930 году в Харькове начато строительство двух автоматических телефонных станций – Нагорной и Центральной, расположенной на углу улиц Свободы и Мироносицкой, а полный перевод абонентов на автоматическую связь был произведен 5 июля 1933 года впервые в Европе. Только столица Австрии Вена имела в это время автоматическую связь.



Генрих Герц  
(1867–1894)



Экспериментальная установка  
Г. Герца (1887)

В истории науки не так много открытий, результаты которых мы ежедневно ощущаем. Одним из таких научных прорывов является экспериментальное доказательство существования **электромагнитных волн** немецким физиком **Генрихом Герцем**. Без научных работ Герца мир сегодня выглядел бы совсем по-другому: мы не имели бы радио, телевидения, мобильной телефонии, Wi-Fi и многих других технических средств. Недаром текст первой в мире радиограммы, переданной А. С. Поповым в 1896 году, состоял из двух слов «Генрих Герц». Это было признание огромного вклада в науку, осуществленного великим физиком.

В 1886–1888 годах во время работы профессором физики технического университета в Карлсруэ Герц провел ряд опытов, подтвердивших догадку Дж. К. Максвелла о волновом характере электромагнитного поля и электромагнитной природе света. Источниками электромагнитного излучения в опытах Герца был так называемый **вибратор Герца**, представлявший собой два медных прутка с насаженными на концах шариками. В зазор между шариками подавался ток высокого напряжения (несколько десятков киловольт). При этом в промежутке между шарами возникала искра – высокочастотный разряд, возбуждались колебания тока, и излучалась электромагнитная волна.

В качестве приемника Герц применил **резонатор** – проволочное незамкнутое кольцо с такими же, как у «передатчика» шариками на концах и регулируемым искровым промежутком. В моменты, когда происходили разряды между шариками вибратора, в резонаторе также проскакивали искорки.

Герцу удалось не только обнаружить электромагнитные волны, но и исследовать скорость их распространения, отражение, преломление, поляризацию и доказать их полную аналогию со световыми. Всё это было изложено в работе «О лучах электрической силы», вышедшей в декабре 1888 года.

В честь Г. Герца названа единица измерения **частоты** в системе СИ – герц (русское обозначение: **Гц**, международное: **Hz**). 1 Гц соответствует одному колебанию в секунду:  $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$ .

Французский физик **Эдуард Бранли** более всего известен разработками ранних версий беспроводных телеграфов; в частности, прославился как создатель «**когерера Бранли**».

Когерер был изобретен Бранли в 1890 году и представлял собой стеклянную трубку, наполненную металлическими опилками, которые могли значительно менять свою проводимость под воздействием радиосигнала, разрушающего слой окисла на их поверхности. Для приведения «трубки Бранли» в первоначальное состояние и детектирования новой электромагнитной волны её нужно было встряхнуть, чтобы нарушить контакт между опилками.

В 1894 году это устройство было усовершенствовано англичанином **Оливером Джозефом Лоджем**, который и дал ему название «когерер». Лодж приставил к «трубке Бранли» ударник с часовым механизмом, который через равные промежутки времени ударял по когереру. Это разрывало связи между опилками и переводило когерер в слабо проводящее состояние. Когерер Бранли оказался чрезвычайно полезным для детектирования радиоволн (сам термин «**радио**» приписывают также Бранли). Впоследствии в своих радиоприемниках когерер использовали Александр Попов и Гульельмо Маркони.

В 1906 году Бранли также удалось построить первую в мире систему **телеуправления**, действующую на расстоянии до 10 км. Это была модель миноносца, все механизмы которого управлялись по радио. Каждой команде управления соответствовала определенная буква азбуки Морзе, передача которой включала тот или иной механизм корабля так, что корабль по команде с берега описывал петли, дуги, менял скорость и т.д. Интересно, что термин «**телемеханика**», то есть «управление на расстоянии» был также предложен и использован Бранли.



Эдуард Бранли (1844–1940)



Когерер Бранли (1890)



Вальдемар Поульсен  
(1869–1942) (1898)



Телеграфон Поульсена

После изобретения фонографа исследователи стали задумываться, как проще и надежней обеспечить запись звука. Механический способ имел ряд недостатков: сложность, недолговечность носителей, низкое качество записи. В 1888 году в американском журнале «The Electrical World» появилась статья **Оберлина Смита**, посвященная усовершенствованию конструкции фонографа Эдисона. Смит изложил новый принцип записи звука – **магнитный**. В качестве носителя он предложил хлопчатобумажную нить, пронизанную стальными опилками, но не описал никакой действующей конструкции.

Попытка практического воплощения магнитописывающего устройства принадлежит датчанину **Вальдемару Поульсену**. 1 декабря 1898 года Поульсен запатентовал свое изобретение под названием «**телеграфон**». Внешне новый аппарат подражал фонографу Эдисона. Основной конструкции телеграфона был вращающийся с помощью часового механизма цилиндр, на который была намотана тонкая стальная струна. На эту струну и производилась запись звука, записывающая головка (электромагнит) двигалась вдоль витков со скоростью 2,1 м/с. Для 40 минут записи звука в диапазоне частот 150–2500 Гц необходимо было 6000 метров проволоки.

В 1902 году Поульсен изобрел также мощный **дуговой радиопередатчик**, который мог передавать голосовую информацию, в отличие от существовавших к тому времени искровых передатчиков, работавших в коде Морзе.

В 1935 году немецкая фирма «АЕГ» выпустила названный **магнитофоном** аппарат для записи звука. В конструкции использовался ряд новшеств: ферромагнитная лента на основе ацетилцеллюлозы, кольцеобразные головки, высокочастотное подмагничивание и стирание. Название «магнитофон» оказалось настолько удачным, что употребляется до сих пор, а магнитная запись информации и сегодня широко используется в технике.

7 мая 1895 года на заседании Русского физико-химического общества во время лекции «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям» преподаватель физики в Техническом училище Морского ведомства **Александр Степанович Попов** продемонстрировал изобретенный им прибор, позволявший регистрировать электромагнитные колебания в атмосфере и, по мнению создателя, принимать и передавать сигналы на большом расстоянии. В ознаменование этого события в СССР 7 мая отмечалось как День Радио.



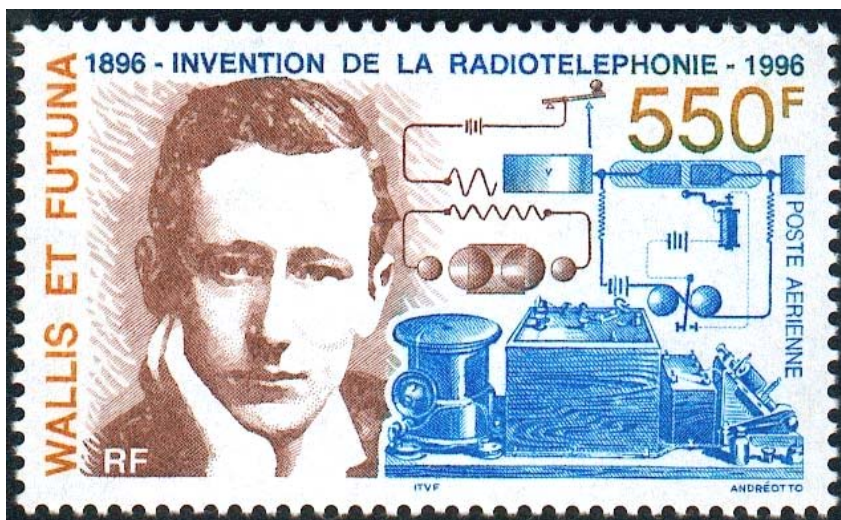
### Александр Степанович Попов (1859–1906)

Статья под названием «Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний» была опубликована в январском номере «Журнала РФХО» за 1896 год. Особенностью описанного в ней прибора было то, что Попов заставил основные элементы устройства функционировать автоматически: ударник чашки электрического звонка, возвращаясь в исходное положение после срабатывания от пришедшего сигнала, ударял еще и по корпусу когерера. А. С. Попов повысил чувствительность устройства, для чего последовательно с когерером включил дополнительное реле, которое своими контактами подключало обмотку звонка к батарее питания, обеспечивая усиление тока. Кроме того, он добился от устройства еще большей чувствительности, подключив вертикальную мачтовую антенну и сделав заземление.

Летом 1899 года Попов обнаружил, что при присоединении телефонной трубки к когереру передаваемые сигналы четко слышны даже при увеличении дальности связи до 28 км и получил привилегию на новый тип «... телефонного приемника депеш, посылаемых с помощью какого-либо источника электромагнитных волн по системе Морзе». Приемники такого типа начала изготавливать французская фирма «Дюкрете». В 1900 году Попов налаживает 47-километровую радиолинию от острова Гогланд до финского города Котка. Благодаря радиограмме, переданной по этой линии зимой 1900 года, ледокол «Ермак» снял с льдины рыбаков, которых шторм унес в море.

В июне 1896 года итальянский физик Гульельмо Маркони запатентовал изобретение, в значительной мере повторившее схему устройства Попова. Это вынудило А. С. Попова выступить со специальными заявлениями в печати о своем приоритете в изобретении радио (споры о роли различных ученых в создании радио ведутся до сих пор).

История открытия радио напоминает хорошо закрученный детективный роман. Целый ряд стран выдвигает своих претендентов на почетную роль изобретателя радио. Зубной врач из США **Малон Лумис** (кстати, изобретатель фарфоровых зубов) еще в 1866 году продемонстрировал процесс передачи радиосигналов и получил патент. В Германии создателем радио считают



### Гульельмо Маркони (1874–1937)

ют **Генриха Герца**, 1888 год, в США – **Дэвида Хьюза**, 1878, а также **Т. А. Эдисона**, 1875, в США и ряде балканских стран – **Н. Тесла**, 1891, в Белоруссии – **Я. О. Наркевича-Иодку**, 1890, во Франции – **Э. Бранли**, 1890, в Индии – **Джагадиша Чандра Боше**, 1894, в Англии – **О. Д. Лоджа**, 1894, в Бразилии – **Ланделя де Муру**, 1893, в России – **А. С. Попова**, 1894. Однако наиболее часто пальму первенства в изобретении радио отдают итальянскому инженеру, лауреату Нобелевской премии по физике 1909 года **Гульельмо Маркони**, который считается создателем первой системы обмена информацией с помощью радиоволн и пионером внедрения радиосвязи в повседневную практику.

Уже в возрасте 20 лет, вдохновленный сообщениями об опытах Г. Герца, Маркони построил установку и послал сигнал из своего сада в поле на расстояние 3 км. В 1896 году им была подана заявка на «усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в аппаратуре для этого» и проведена публичная демонстрация своего изобретения. В качестве передатчика Маркони применил генератор Герца, а в качестве приёмника – прибор Попова, в который Маркони ввёл разработанный им вакуумный когерер, повысивший стабильность работы прибора и его чувствительность.

В октябре 1897 года радиостанция Маркони на острове Уайт обеспечила связь с материком на расстоянии 23 км. В 1898 году Маркони ввел в свой передатчик колебательный контур, что позволило настраивать аппарат на определенную частоту колебаний, игнорируя сигналы остальных станций.

В 1898 году Маркони открыл радиозавод в Англии и основал компанию «Бритиш Маркони», которая устанавливала радиосвязь между береговыми радиостанциями и судами в море. В конце 1900 года радиус работы передатчика Маркони составлял уже 280 км. В 1907 году Маркони создал первую постоянно действующую трансатлантическую линию радиосвязи, а в 1932 году установил первую радиотелефонную **микроволновую связь**, используемую сегодня в устройствах Bluetooth, WiFi и WiMAX.



Николай Дмитриевич  
Пильчиков (1857–1908)

нитной обсерватории – профессором Харьковского университета. С 1902 года Н. Д. Пильчиков – профессор **Харьковского технологического института** (ныне НТУ «ХПИ»).

Научные интересы Пильчикова чрезвычайно широки. Ему принадлежат работы в области электрохимии, радиоактивности, рентгенографии, геофизики, метеорологии, поляризации света и атмосферной оптики. Пильчиков основал в Харькове метеорологическую станцию, которая работает и сейчас, оборудовал в Харьковском технологическом институте радиостанцию с огромной по тем временам антенной в 25 метров высоты, организовал издание газеты «Известия Харьковского технологического института».

Однако наиболее известны разработка и успешные испытания Пильчиковым радиоуправляемых телемеханических систем, в том числе устройств радиоподрыва мин. При этом ему удалось создать радиопротектор – прибор, способный принимать радиосигналы определенной формы и отфильтровывающий ложные сигналы и радиопомехи. Работы Пильчикова использовались при создании системы радиоуправления минными сооружениями в период русско-японской войны 1904–1905 годов.

К сожалению, научно-практическая деятельность профессора Пильчикова прервала его загадочная гибель (6 мая 1908 года Пильчиков был обнаружен в запертой больничной палате с пулевым ранением сердца, причем револьвер лежал на тумбочке рядом с кроватью).

В 1943 году идеи Пильчикова обеспечили успех блестящей операции советской контрразведки – подрыва штаба генерала фон Брауна, находившегося в оккупированном Харькове, радиоуправляемой из Воронежа миной.

23 марта 1898 года одесская газета «Южное обозрение» сообщила, что профессор **Н. Д. Пильчиков** из Харькова «...прочтёт публичную лекцию об электромагнитных волнах с демонстрацией многих поразительных опытов. С помощью изобретённых профессором устройств можно будет взрывать мины, удалённые на большие дистанции, производить выстрелы из орудий, не приближаясь к ним, управлять на расстоянии семафорами, маяками, часами». Опыты Пильчикова положили начало развитию **радиоуправления техническими объектами** и во многом опередили аналогичные разработки Э. Бранли и Н. Теслы.

Н. Д. Пильчиков родился в Полтаве 9 мая 1857 года. После окончания в 1880 году Харьковского университета Пильчиков оставлен ассистентом на кафедре физики, в 1885 году был назначен на должность приват-доцента, в 1889, после стажировки в Парижской маг-

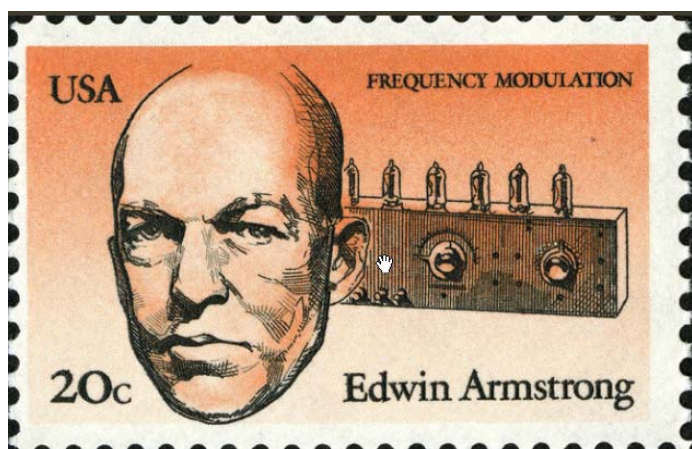


После изобретения А. Беллом телефона в 1876 году и проведения различными учеными в 1890-х годах экспериментальных работ, показавших способность электромагнитных волн перемещаться в пространстве на сотни километров, стала актуальной идея телефонии без проводов. Первым, в полной мере осознавшим значимость эфирных передач человеческого голоса, был американский инженер канадского происхождения **Реджинальд Фессенден**.

Р. Фессенден предложил усовершенствовать передатчик, поместив микрофон в цепь, соединяющую генератор сигнала высокой частоты и антенну. Метод, при котором звуковые колебания изменяют (модулируют) амплитуду колебаний несущей частоты, генерируемых радиопередатчиком, получил название «**амплитудной модуляции**» (АМ). Для приема электромагнитных колебаний Фессенден использовал электролитический детектор, который состоял из тонкой проволоки, окунутой в азотную кислоту.

23 декабря 1900 года Фессенден провёл успешную передачу речи на расстояние 1,6 км, которая была первым в мире сеансом звуковой радиотрансляции. Среди многочисленных изобретений Фессендена также **гетеродинная** схема радиоприемника, эхолот, радиокompас и роторно-искровой передатчик, позволивший впервые осуществить **трансатлантическую связь**.

В 1934 году американский инженер **Эдвин Армстронг** предложил идею **частотной модуляции** (ЧМ, FM), при которой информационный сигнал управляет частотой несущего колебания, обеспечивая высококачественную передачу всего диапазона слышимости человеческого уха в диапазоне от 50 Гц до 15 КГц. В 1939



Эдвин Говард Армстронг  
(1890–1954)



Реджинальд Обри  
Фессенден (1866–1932)

году Армстронг построил первую радиостанцию, использующую ЧМ. По мере развития УКВ-радиовещания АМ постепенно начала вытесняться частотной модуляцией. Сегодня в мире работает множество FM-радиостанций, обеспечивающих высококачественное звучание. Применяется частотная модуляция и для передачи звука в телевидении.

Э. Армстронг также вошёл в историю как изобретатель регенеративного, сверхрегенеративного и супергетеродинного радиоприемников.

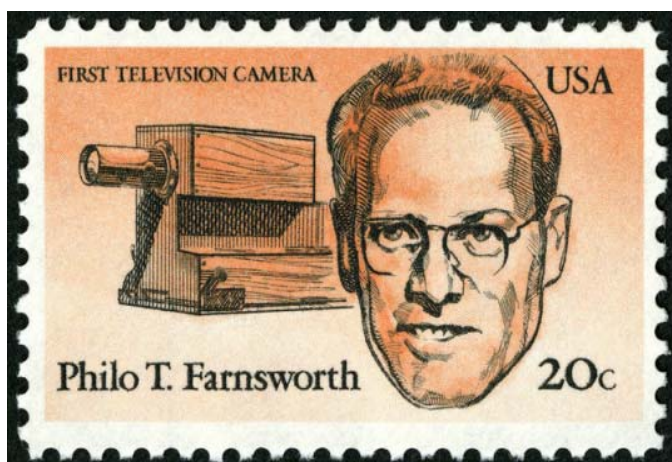
После изобретения телефона и радио перед учеными разных стран встала задача передачи на расстояния изображений. Первой **телевизионной системой** считается изобретение немецкого инженера **Пауля Нипкова**, сделанное в 1884 году. Основой механического телевидения Нипкова был вращающийся диск, с помощью которого изображение преобразовывалось в электрические импульсы, что обеспечивало развертку на 30 строк. Главным недостатком механических систем телевидения была значительная инерционность.



**Борис Львович Розинг**  
(1869–1933)

Решить эту проблему удалось российскому профессору **Борису Львовичу Розингу**, подавшему в июле 1907 года заявку на изобретение под названием «Способ электрической передачи изображения на расстояние». Особенность системы Розинга заключалась в применении для воспроизведения изображений в приемном устройстве специальной **электронно-лучевой трубки** с флуоресцирующим экраном. Развертка луча в трубке производилась магнитным полем. В передающем устройстве использовался безынерционный фотоэлемент. 9 мая 1911 года Розинг осуществил первую передачу на расстояние изображения – решетки, состоящей из четырех полос. К сожалению, в 1931 году Б. Л. Розинг был необоснованно репрессирован и сослан на Север, где и умер.

Американец **Фило Фарнсуорт** еще в возрасте 15 лет прочел труд Розинга, посвященный передаче изображений, и с тех пор «заболел» телевидением. В 1927



**Фило Тейлор Фарнсуорт**  
(1906–1971)

году он представил свою разработку, так называемый **диссектор** – передающую телевизионную трубку, в которой оптическое изображение преобразуется в сигнал с помощью фотоэлектронного умножителя. Впоследствии диссектор был вытеснен изобретенным В. К. Зворыкиным иконоскопом, однако, патентные разбирательства длились до 1938 года, когда суд окончательно установил приоритет Фарнсуорта в изобретении телекамеры.

В 1925 году шотландскому инженеру **Джону Бэрду** удалось построить оптико-механическую телевизионную систему и впервые добиться передачи распознаваемых человеческих лиц, а несколько позже – и движущихся изображений.

А настоящую революцию в области телевидения произвели работы инженера американской компании Radio Corporation of America (RCA) российского эмигранта **Владимира Козьмича Зворыкина**.

В 1907–1908 годах Зворыкин учился у Б. Л. Розинга и в ходе бесед с ним осознал недостатки механической развертки и необходимость электронных систем. Электронную передающую трубку Зворыкин назвал «**иконокоп**», от греческих слов «икон» – картина и «скоп» – видеть, а приемную трубку – «**кинескоп**» от «кинео» – двигаться. В 1923 году он подает заявку в патентную службу США на изобретение иконоскопа с мозаичным фотокодом, который он назвал «электронным глазом», в 1924 – на кинескоп, в 1925 – на изобретение цветного телевидения.

Первый **электронный телевизор**, пригодный для практического применения, был разработан Зворыкиным в конце 1936 года и в том же году, благодаря телекамерам его системы, была проведена первая в мире трансляция с Олимпийских игр в Берлине. В 1939 году RCA представила и первый телевизор, разработанный для массового производства – модель RCA TT-5, деревянный ящик, оснащенный экраном с диагональю в 5 дюймов. Модель продавалась в розницу по 199 долларов и позволяла принимать пять каналов.



Телевизор RCA TT-5 (1939)



Владимир Козьмич  
Зворыкин (1889–1982)

18 декабря 1953 года в США утверждён стандарт цветного телевидения NTSC, существующий до сегодняшнего дня и предусматривающий передачу сигнала яркости и двух цветоразностных, преобразованных в сигнал цветности. Первый цветной телевизор сделала в 1954 году все та же RCA.

В 1956 году американец Роберт Адлер разработал **ультразвуковой пульт** дистанционного управления телевизором. С 1995 года в мире началось активное внедрение **цифрового телевидения** стандарта DVB-T и других.



Владимир Александрович  
Котельников (1908–2005)

При решении любых задач цифровой обработки и передачи сигналов прежде всего оказывается необходимым выбрать частоту дискретизации, обеспечивающую, с одной стороны, – достаточное качество обрабатываемого сигнала, с другой – приемлемые материальные и временные затраты. Значительный вклад в решение этой важной задачи внес советский ученый **Владимир Александрович Котельников**

Еще во время обучения в аспирантуре В. А. Котельников выбрал темой своей научной работы проблему пропускной способности каналов электросвязи. В 1933 году в докладе «О пропускной способности «эфира» и проволоки» им, в возрасте 24 лет, была впервые сформулирована и доказана «тео-

**рема отсчетов**», которая впоследствии была названа именем Котельникова и стала одним из краеугольных камней информатики (в англоязычной литературе теорему отсчетов связывают с именами К. Шеннона, Г. Найквиста и Э. Уиттекера). Теорема отсчетов гласит, что любой аналоговый сигнал, не содержащий в своем спектре частот выше  $f_{\max}$ , можно точно восстановить (интерполировать) по бесконечному числу дискретных временных отсчетов, взятых с частотой  $f_d \geq 2f_{\max}$ . Частота  $2f_{\max}$  получила название частоты Котельникова (Найквиста).

В 1941 году В. А. Котельников сформулировал положение о том, каким требованиям должна удовлетворять математически недешифруемая система, и дал доказательство невозможности ее дешифровки. На основе этих идей Котельниковым была создана шифровальная телеграфная аппаратура «Москва» и шифратор для засекречивания правительственной ВЧ-связи.

Большой вклад Котельников внес в изучение радиопомех и методов борьбы с ними. Разработанная им в 1946 году теория потенциальной помехоустойчивости дала инженерам инструмент для синтеза оптимальных систем обработки сигналов в системах связи, радиолокации, радионавигации.

Под руководством В. А. Котельникова был создан **планетарный радиолокатор** и проведена радиолокация Венеры (1961–1964), Меркурия (1962), Марса (1963), Юпитера (1963), благодаря чему удалось обеспечить возможность точного вывода космических аппаратов на орбиты планет и их мягкой посадки. С 1970 по 1988 год В. А. Котельников был вице-президентом АН СССР. В 1973–1980 годах В. А. Котельников избирался Председателем Верховного Совета РСФСР. Дважды Герой Социалистического Труда (1969, 1978).



Ральф Хартли  
(1888–1970)



Клод Элвуд Шеннон  
(1916–2001)

В 1928 году американский учёный-электронщик **Ральф Винтон Лайон Хартли** впервые измерил количество информации в сообщении, введя логарифмическую меру информации, которая называется **мерой Хартли**:

$$I = \log_2 N,$$

где  $N$  – количество возможных событий;  $I$  – количество бит.

Помимо информационной меры, Хартли предложил **Преобразование Хартли** – интегральное преобразование, основанное на преобразовании Фурье и применяемое для сжатия и фильтрации сигналов и изображений. Именем Хартли назван также электронный LC-генератор (**индуктивная трёхточка**).

В 1948 году американский инженер и математик **Клод Элвуд Шеннон** в работе «Математическая теория связи» предложил формулу для вычисления количества информации для событий с различными вероятностями:

$$I = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i,$$

где  $p_i$  – вероятность  $i$ -го события.

Введя статистическую меру информации, составляющую фундамент современной теории связи, Шеннон предложил термин «**бит**» (англ. *binary digit* – двоичное число, также игра слов: *bit* – кусочек, частица) и вывел соотношения для определения пропускной способности канала связи. Им доказана теорема, связывающая пропускную способность канала и параметры ошибкокорректирующего кода, требуемые для безошибочной передачи.

В своей диссертации «Символический анализ релейных и переключательных цепей» (1936) Шеннон связал двоичную арифметику, булеву алгебру и электрические релейные схемы, положив начало методам **логического проектирования цифровых устройств**. Шеннон заложил основы теории искусственного интеллекта, создав на примере названной по имени мифологического героя Тесея электромеханической мыши, самостоятельно выбирающейся из лабиринта (на фото), модель самообучающейся ЭВМ. Работы Шеннона положили начало современной криптографии.

Практически одновременно с появлением письменности возникла необходимость сохранения втайне передаваемых сведений. Уже в третьем тысячелетии до н. э. появились **моноалфавитные шифры**, основанные на однозначной замене букв исходного текста другими буквами или символами. В древней Греции были разработаны и первые приспособления для шифрования – **скитала, диск и линейка Энея**.



Леонард Макс Адлеман (р. 1945)  
Рональд Линн Ривест (р. 1947)  
Ади Шамир (р. 1952)

В средние века появились более стойкие **полиалфавитные шифры**, впервые введенные арабским математиком IX века **Абу Юсуфом Аль-Кинди**, заложившим основы **криптографии** – (от др.-греч. κρυπτός – скрытый и γράφω – пишу) – науки о методах обеспечения секретности данных (само слово «шифр» происходит от арабского صِفْر, *sifr* «ноль»).

В 1790-х годах будущий президент США **Томас Джефферсон** построил одну из первых механических шифровальных машин. В начале 1920-х годов появляются электромеханические машины, наиболее известной из которых является «Энигма», используемая в коммерческих целях, а также в военных и государственных службах Германии во время Второй мировой войны.

Переход к математической криптографии ознаменовал фундаментальный труд **Клода Шеннона** «Теория связи в секретных системах» (1945), в которой на основе методов теории информации были сформулированы теоретические основы и введены базовые понятия криптографии.

Современный период развития криптографии отличается широким применением нового направления – криптографии с **открытым ключом**, при которой ключ передаётся по открытому, то есть незащищённому каналу и используется для шифрования сообщения. Для расшифровки сообщения используется закрытый ключ. Первый практически полезный алгоритм, пригодный для шифрования и для цифровой подписи, был разработан в 1977 году **Р. Ривестом, А. Шамиром и Л. Адлеманом** из Массачусетского технологического института. Алгоритм шифрования, основанный на вычислительной сложности факторизации (разложении на множители) больших чисел, был назван по первым буквам их фамилий (**RSA** – Rivest, Shamir, Adleman).

Сегодня применяется целый ряд алгоритмов защиты данных – на основе полей Галуа, хэш-функций, эллиптических кривых, квантовых эффектов. Криптография находит множество применений: в сотовой связи, платном телевидении, Wi-Fi, электронных билетах, системах электронных платежей.

В процессе хранения и передачи информации по сетям связи неизбежно возникают ошибки. Значительный вклад в задачу борьбы с ошибками путем их обнаружения и, по возможности, исправления внесли американские ученые **Ричард Хэмминг** и **Ирвинг Рид**.

В апреле 1945 года Р. Хэмминг был принят на работу в Лос Аламос, где занимался компьютерными расчётами атомных бомб в рамках Проекта «Манхэттен», а с 1946 года работал в Bell Labs, совместно с Клодом Шенноном.

В 1950 году Хэмминг представил изящный подход к коррекции одиночных ошибок и обнаружению двойных и предопределил направление позднейших работ в этой области. При кодировании сообщения **кодом Хэмминга** в него в определённых местах вставляются контрольные биты. При декодировании все вновь вычисленные контрольные биты сравниваются с полученными. Если они совпадают, то сообщение принято без ошибок. В противном случае выводится сообщение об ошибке и при возможности ошибка исправляется.

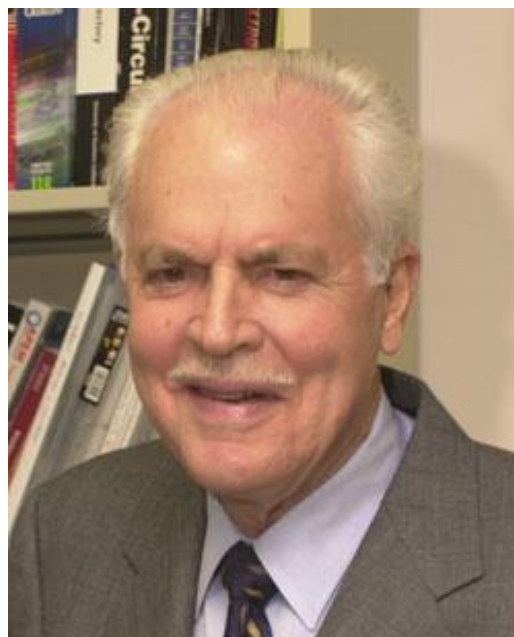
Р. Хэмминг ввел также понятие **расстояния Хэмминга**, определяющее корректирующую способность кода, которое для двух двоичных последовательностей равно числу позиций, в которых они различны.

Именем Хэмминга названы искусственные нейронные **сети Хэмминга**, применяющиеся для классификации образов и **оконная функция Хэмминга**, используемая в цифровой обработке сигналов.

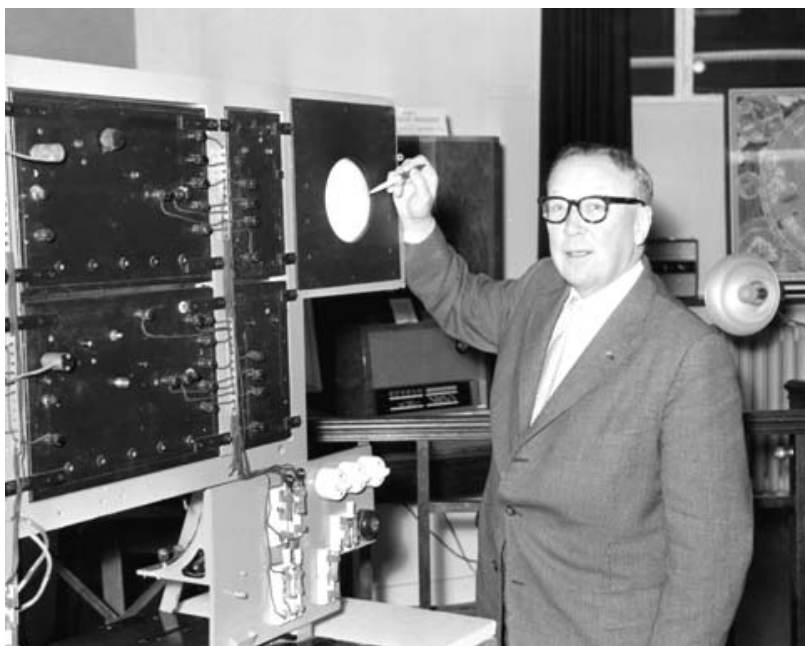
В 1954 году И. С. Ридом совместно с Д. Ю. Маллером были предложены весьма эффективные **коды Рида–Маллера**, а в 1960 году совместно с Г. Соломоном – **коды Рида–Соломона**. Коды Рида–Соломона используются для исправления ошибок в устройствах памяти, CD, DVD, штриховых кодах, сотовых телефонах, ADSL и xDS модемах и многих других приложениях.



**Ричард Уэсли Хэмминг**  
(1915–1998)



**Ирвинг Стой Рид**  
(1923–2012)



Роберт Александр Уотсон-Уотт  
(1892–1973)



Радиолокационная  
станция НАСА

Обнаружение целей и измерение дальности до них с помощью **радиолокационных станций** (РЛС) рассматривается большинством экспертов как одно из наиболее важных технических достижений XX века. Радиолокация применяется для определения расположения кораблей на море и самолётов в воздухе, грозовых облаков и косяков рыбы. При помощи РЛС вычисляют координаты космических кораблей и естественных космических объектов.

А первый шаг в изобретении радиолокации был сделан российским ученым А. С. Поповым. В 1897 году во время опытов по радиосвязи между двумя судами он обнаружил отражение радиоволн от проходящего между ними крейсера и указал на это явление как на фактор, мешающий радиосвязи.

В 1904 году немецкий изобретатель **Кристиан Хюльсмайер** запатентовал способ обнаружения объектов по отражению ими радиоволн и построил радиоизмеритель дальности, названный им «телемобильскопом». Однако патент Хюльсмайера опередил время и остался невостребованным.

**Радиолокатор (радар)** для обнаружения воздушных объектов разработал шотландский физик **Роберт Уотсон-Уотт** в предверии Второй мировой войны. 26 февраля 1935 года он успешно продемонстрировал своё изобретение, которое могло обнаружить самолет на расстоянии 64 км. Связав радиолокационные станции в единую систему из пяти станций, ПВО Великобритании могли засекать немецкие самолеты еще на стадии формирования боевых построений над аэродромами во Франции, обеспечив тем самым преимущество Королевских ВВС над силами Люфтваффе.

Любопытно, что в 1956 году Уотсон-Уотт оказался жертвой применения своей технологии: его остановил полицейский, который на специальном радаре засек превышение скорости. По слухам, оштрафованный изобретатель воскликнул: «Если бы я только знал, что они будут делать с радаром, я бы никогда его не придумал!»



В 1955 году на базе отделов электромагнитных колебаний и распространения радиоволн Харьковского физико-технического института АН УССР в Харькове был организован **Институт радиофизики и электроники НАН Украины (ИРЭ НАНУ)**. Организатором и первым директором Института был **А. Я. Усиков**, выдающийся специалист в области импульсных магнетронных генераторов дециметровых и миллиметровых радиоволн и применения их в радиолокации, избранный академиком АН УССР в 1964 году (с 1996 года институт носит имя А. Я. Усикова).

Сегодня ИРЭ является научным центром, определяющим уровень мировых достижений в области радиофизики, электроники, радиофизических исследований твердого тела и биологических объектов, распространения радиоволн, дистанционного зондирования Земли с аэрокосмических носителей. Сотрудником ИРЭ **Э. А. Канером** в соавторстве с другими учеными Украины и СССР был обнаружен ряд ранее неизвестных эффектов в области физики металлов, зарегистрированных в качестве открытий.

В 1985 году на базе Отделения радиоастрономии ИРЭ был создан **Радиоастрономический институт НАН Украины**. Институт является ведущей организацией Украины в области радиоастрономических исследований космического пространства. Основными областями исследований, проводимых в институте, являются радиоастрономия объектов Вселенной, дистанционное зондирование геокосмоса и Солнечной системы, построение радиотелескопов и радиотехнических систем дистанционного зондирования.

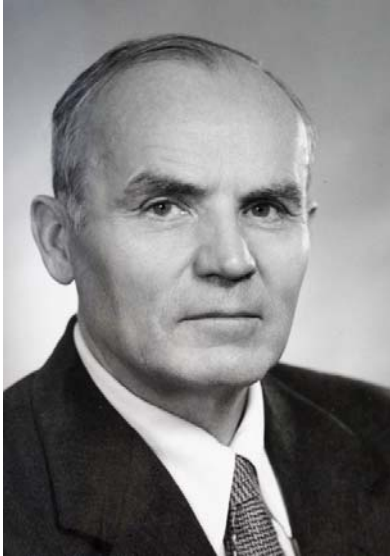


Радиотелескоп УТР-2



Александр Яковлевич  
Усиков (1904–1995)

Уникальные исследования проводятся в институте на радиотелескопе **УТР-2 (Украинский Т-образный Радиотелескоп-2)**, сооруженном в 1970 году в Харьковской области по инициативе академика **С. Я. Брауде** и входящем в состав радиоинтерферометра УРАН. Занимающий территорию  $2 \times 1$  км УТР-2 является крупнейшим в мире инструментом декаметрового диапазона длин волн, позволяющим по-новому взглянуть на Солнце, планеты, пульсары.



Александр Матвеевич  
Понятов (1892–1980)



Видеомагнитофон  
Ampex VR-1000A (1956)

Первый в мире **видеомагнитофон** VR-1000 продемонстрировал 14 апреля 1956 года создатель фирмы «Ампекс» в США русский эмигрант **Александр Матвеевич Понятов**. Название «Ампекс» расшифровывалось как «Александр Матвеевич Понятов, excellence» («excellence» переводится как «превосходительство» и означает титул Понятова как полковника Русской армии до 1917 года). На протяжении многих лет в аппаратных всего мира висели фотографии Понятова, а процесс записи назывался ампексированием.

К началу 50-х годов XX века черно-белое, а с 1953 года и цветное телевидение получило широкое распространение в Европе и США. При этом рынок настойчиво требовал появления аппаратуры, позволяющей записывать и впоследствии монтировать телепрограммы. Многие фирмы безуспешно пытались решить эту сложную задачу, ведь телевизионный сигнал занимает полосу частот, в 500 раз более широкую, чем звуковой.

Первой в мире решили проблему магнитной видеозаписи специалисты возглавляемой А. М. Понятовым фирмы «Ампекс». Руководил группой молодых инженеров **Чарльз Гинзбург**, а среди сотрудников был и **Рэй Долби** (впоследствии автор звуковой системы кинопоказа, которой оснащены ведущие кинотеатры мира). Фирма «Ампекс» предложила поперечно-строчный метод записи на относительно широкую ленту (50,8 мм) с четырьмя вращающимися головками. При этом достигался компромисс: лента протягивалась в аппарате с обычной скоростью 38 см/с, но головка «чертила» на ней поперечные строки со скоростью более 40 м/с.

4 апреля 1956 года фирма Ampex демонстрирует в Чикаго первый коммерческий видеомагнитофон VR-1000. Первый видеомагнитофон стоил около 50 000 долларов США и использовался только на крупнейших телестудиях, но уже к середине 1970-х годов в быт вошли бобинные видеомагнитофоны с лентой шириной в дюйм и полдюйма, а в конце семидесятых появились кассетные видеомагнитофоны систем **Betamax** (фирма SONY) и **VHS** (JVC).

Впервые идею **спутниковой связи** представил в 1945 году английский писатель-фантаст и изобретатель **Артур Кларк**. В статье «Внеземные ретрансляторы», опубликованной в журнале «Wireless World», лейтенант ВВС Англии Кларк предложил использовать ракеты, подобные немецкой «Фау-2», для запуска спутников Земли в научных и практических целях. Кларк выдвинул идею создания системы спутников на геостационарных орбитах, которые позволили бы организовать глобальную систему связи. Знаменателен последний абзац этой статьи: «Искусственный спутник на определенном расстоянии от Земли будет совершать один оборот за 24 часа. Он будет оставаться в пределах оптической видимости почти с половины земной поверхности. Три ретранслятора, размещенные на орбите с угловым разнесением на  $120^\circ$ , смогут покрыть телевидением и УКВ-вещанием всю планету».

Эта идея обеспечила создание во второй половине XX века большинства глобальных систем коммуникации, в том числе Интернета. Геостационарную орбиту также называют орбитой Кларка.

В 1957 году в СССР был запущен искусственный спутник Земли с радиоаппаратурой на борту, а 10 июля 1962 года на околоземную орбиту был выведен американский спутник **Телстар** – первый активный спутник связи. Телстар обеспечивал двустороннюю телефонную связь по 60 каналам или трансляцию одной телевизионной программы. Для приема сигналов со спутников первоначально исполь-



Спутник связи Телстар (1962)



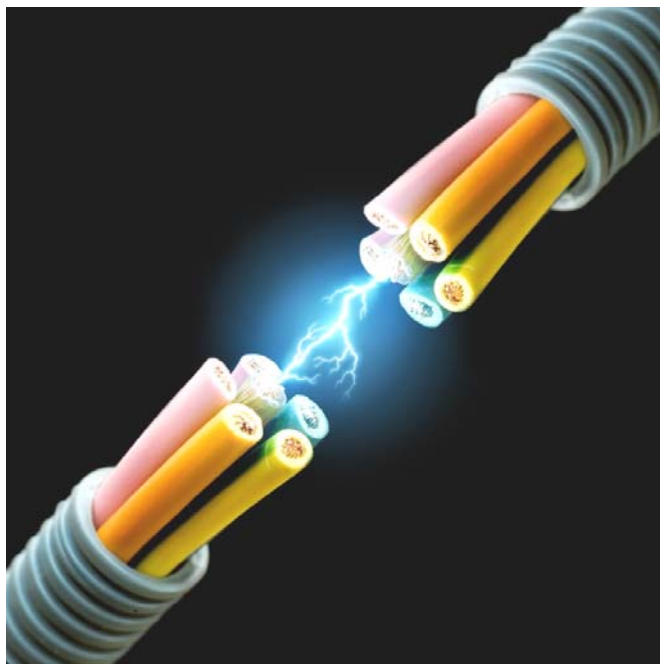
Артур Чарльз Кларк  
(1917–2008)

зовались радиоастрономические антенны, разработанные ранее американским инженером **Карлом Янским**.

Сегодня количество спутниковых систем связи исчисляется десятками. По ним осуществляется телефонная связь, передаются телевизионные сигналы, предоставляются услуги Интернета, электронной почты и GPS.



Чарльз Куэн Као (р. 1933)



Оптический кабель

С древнейших времен в качестве носителя информации человек использовал в основном акустические волны – звук и электромагнитные волны – свет. Начиная с середины XIX века оптические системы связи начали постепенно вытесняться электрическими, обладавшими более высокой скоростью и помехозащищенностью. Однако на определенном этапе развития техники **оптические телекоммуникационные системы** стали получать все более широкое распространение. Еще в 1880 году изобретатель телефона **Александр Белл** продемонстрировал **фотофон** – устройство, обеспечивающее передачу информации световым пучком на расстоянии до 213 м.

Значительное увеличение расстояния, на котором действовали оптические системы, было достигнуто путем применения **оптических волокон** – нитей из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемых для переноса света посредством полного внутреннего отражения. Развитие современных оптоволокон началось в 1950-х годах, после изобретения лазера и светодиода, используемых как источник и приемник оптического сигнала. Оптика тех времён, однако, не отличалась высоким качеством, и свет, пройдя по оптическому кабелю не больше 20 метров, рассеивался на 99 %.

В 1966 году **Чарльз Као** и **Джордж Хокхэм** (Великобритания) представили оптические нити из стекла, которые имели затухание в 1000 дБ/км и предложили методы удаления примесей в стекле, увеличивающих затухание сигнала. Световой луч в оптоволокне формировался полупроводниковым лазером. С волокном из сверхчистого стекла, изготовленным в 1970 году, стало возможным передавать сигналы более чем на 100 километров. В 2009 году Чарльзу Као присудили Нобелевскую премию по физике за «достижения в области передачи света по волокнам для оптической связи».

В настоящее время системы волоконно-оптической связи обеспечивают передачу сигналов со скоростью в десятки Тбит/с на расстояние в тысячи километров.



Трудно найти человека, который когда-либо не посылал или не получал электронное письмо. **Электронная почта** (англ. **e-mail**, electronic mail) становится одним из основных средств коммуникации, а просьба «скинуть на мыло», как правило, не вызывает вопросов. Сегодня в мире насчитывается более четырех миллиардов электронных почтовых ящиков, ежедневно пересылаются около 200 миллиардов электронных писем.

А первый шаг к появлению e-mail был сделан в 1965 году, когда сотрудниками Массачусетского технологического института (США) **Ноэлем Моррисом** и **Томом Ван Влеком** была написана почтовая программа Mail для компьютера IBM 7090/7094, сделавшая возможным обмен сообщениями в пределах одного компьютера.

Ну а почтовая связь между двумя ЭВМ была впервые установлена осенью 1971 года (День рождения e-mail отмечается 2 октября). Первое электронное сообщение с одного компьютера PDP-10 на другой – PDP-10 переслал американский программист **Рэй Томлинсон**. Расположенные рядом компьютеры были соединены между собой через **ARPANET** – компьютерную сеть, явившуюся прототипом сети Интернет.

Содержание первого письма в точности неизвестно. По одним сведениям, это была цитата из речи президента США А. Линкольна, по другим – просто набор букв верхнего ряда клавиатуры QWERTYUIOP.

Р. Томлинсон также предложил использовать символ **@** (в быту – «собака») в адресах электронной почты. Этот знак обозначал английский предлог at (по-русски – «на»). Таким образом, выражение user@machine означало: такой-то пользователь на таком-то компьютере. Кроме того, символ **@** редко использовался, и его сложно было перепутать.

Уже в 1978 году был зарегистрирован первый случай массовой рассылки по e-mail **спама** (нежелательных рекламных писем). В сообщении рассказывалось о преимуществах новых компьютеров DEC. В 1979 году **Кевин Маккензи** предложил включать в сухие компьютерные тексты некоторые символы, обозначающие эмоции, например «**смайлик**» – сочетание :-).

Первый почтовый интернет-сервис **CompuServe**, предлагающий связь через коммутируемые телефонные соединения, появился в 1989 году.



**Рэймонд Томлинсон**  
(1941–2016)

Идея **создания беспроводных телефонов** начала волновать ученых, как только появился обычный стационарный телефон. В 1947 году лаборатория Bell Laboratories, которая принадлежала компании AT&T, предложила **создать мобильный телефон**.

Тогда эта фирма разработала первый в мире радиотелефонный сервис – с помощью радиостанции весом 30–40 килограмм, установленной в машине, можно было связаться с АТС и совершить телефонный



Мартин Купер (р. 1928)

звонок. А чтобы соединиться с радиотелефоном, нужно было позвонить на телефонную станцию и сказать номер телефонного аппарата, установленного в машине. Громоздкая и не совсем удобная, эта связь, тем не менее, оказалась весьма популярной. Аналогичная система ведомственных автомобильных телефонов «Алтай» была создана в СССР в 1950-е годы.

Начало разработке компактного мобильного телефона было положено в 1954 году, когда в компанию Motorola пришел новый инженер **Мартин Купер**, убедивший руководство компании в возможности создания такого аппарата, на разработку которого было затрачено 15 лет и около 100 миллионов долларов. Одновременно Motorola убедила Федеральную Комиссию по коммуникациям в необходимости выделения частным компаниям свободных частот для мобильной связи (при этом Bell Laboratories ставила под сомнение саму возможность создания компактных устройств в ближайшие годы).

Вскоре была выдвинута идея сотового принципа организации сетей, оставался открытым лишь вопрос, кто первый её реализует. 3 апреля 1973 года в «стане врага» – компании Bell Laboratories раздался телефонный звонок. Мартин Купер звонил главе исследовательского отдела Д. Энгелю с мобильного телефона модели «DynaTAC», весом в 1,15 килограмма, размерами 22,5 × 3,75 × 12,5 сантиметра. В нём было 2 тысячи деталей. Заряда аккумулятора хватало на 20 минут разговора, но заряжать его приходилось 10 часов.

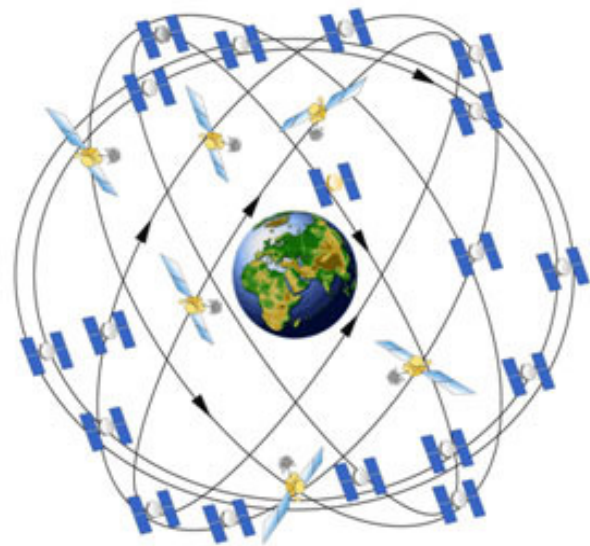
6 марта 1983 года Motorola выпустила **первый коммерческий сотовый телефон DynaTAC 8000X**. Вес телефона составлял 794 грамма, дисплей был светодиодным. Хотя цена модели первого телефона составляла 3995 долларов, в очередях на его покупку стояли тысячи американцев.

В 1992 году внедрен в коммерческую эксплуатацию стандарт цифровой мобильной сотовой связи GSM, в 2000 году – стандарт 3G, в 2008 – 4G, позволяющий смотреть высококачественное видео в реальном времени.

**GPS** (от англ. Global Positioning System) – **спутниковая система навигации**, определяющая местоположение наземных объектов.

После запуска первого советского искусственного спутника земли 4 октября 1957 года специалисты из Массачусетского технологического института во главе с **Ричардом Кершнером** заметили, что благодаря эффекту Доплера частота радиосигналов, передаваемых советским спутником, увеличивалась по мере его приближения и уменьшалась по мере удаления. На основе этих наблюдений был разработан метод определения местоположения наземных приемников на основе времени, которое затрачивается на прием сигналов с четырех или более спутников.

В 1973 году в США была инициирована программа «DNSS», позже переименованная в «Navstar», а, затем, в «GPS». Первый тестовый спутник был выведен на орбиту 14 июля 1974 года, а после запуска в 1993 году всех 24 спутников, необходимых для покрытия земной поверхности, GPS встала на вооружение США. Первоначально GPS разрабатывалась как чисто военный проект, но после того, как в 1983 году вторгшийся в воздушное пространство СССР «Боинг-747» с 269 пассажирами на борту был сбит советским истребителем, было разрешено использование GPS для обеспечения



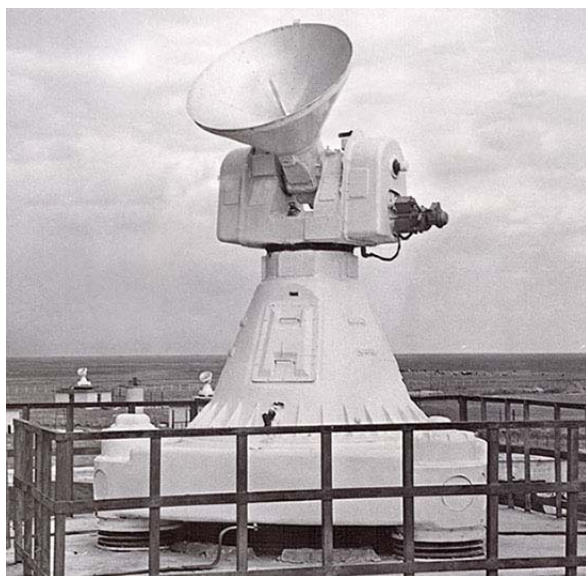
Орбиты спутников GPS



Спутник системы «Navstar-GPS»

воздушной безопасности и надежной навигации гражданских целей во всем мире.

Сегодня GPS-приёмники, позволяющие видеть своё местонахождение на электронной карте, прокладывать маршруты и искать на карте объекты инфраструктуры, встраиваются в мобильные телефоны, наручные электронные часы, планшеты. Аналогичные GPS системы навигации были разработаны в Евросоюзе (Галлилео), Китае (Бэйдоу) и России (ГЛОНАСС).



Система траекторных измерений «Вега»



Ультразвуковой сканер  
ULTIMA RA EXPERT

ПАО «**Научно-исследовательский институт радиотехнических измерений**» (**НИИРИ**) – ведущая организация Украины в области разработки и производства наземных и бортовых систем для космических комплексов, медицинской техники, автоматизированных систем управления технологическими процессами. Под названием «НИИРИ» предприятие существует с 1986 года (в 1953–1959 годах институт входил в состав ОКБ-285 при Харьковском заводе им. Т. Г. Шевченко, в 1959–1968 – в состав ОКБ-692, в 1968–1986 имел статус Украинского филиала НИИ измерительной техники).

С момента основания главная тематика работ института была связана с космическими исследованиями. НИИРИ принимал участие в создании фазометрических систем «Вега» для высокоточных измерений параметров траектории космических аппаратов, а также в разработке и изготовлении бортовой аппаратуры для радиолокационных и радиометрических измерений физических характеристик поверхности океана, которая использовалась на космических аппаратах серий «Космос» и «Океан». Радиотехнические приборы, разработанные в институте, были размещены на космических станциях «Салют» и «Мир», а также на ракете-носителе «Энергия» системы «Буран». НИИРИ принимал участие в разработке автоматизированного комплекса управления полетом первого отечественного космического аппарата «Січ-1».

В 1980-е годы институтом были начаты разработки контрольно-измерительных приборов и систем управления, передачи и приема телеметрической информации для энергетики и нефтегазового комплекса.

Дочерним предприятием АО «НИИРИ» «**Радмир**» разработан ряд новых медицинских аппаратов: цифровые доплеровские ультразвуковые сканеры с новой технологией сдвиговолновой эластографии, цифровые рентгеновские маммографы, электроэнцефалографы, аппараты для коротковолновой магнитотермии и локальной микроволновой гипертермии, УВЧ-терапии.





Хеди Ламарр (1914–2000)

Сегодня трудно представить себе ноутбук или планшет без возможности подключения к интернету по сети **Wi-Fi**. Именно с помощью этой технологии Интернет становится мобильным и дает пользователю свободу перемещения.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – с английского дословно переводится как «беспроводная точность». Такое название получили стандарты IEEE 802.11 беспроводной радиопередачи данных в диапазоне 2,4 ГГц и 5 ГГц с **расширением спектра** методом скачкообразного изменения частоты (FHSS) и методом прямой последовательности (DSSS). В качестве расширяющей используется **последовательность Баркера** длиной 11 бит.

Впервые система связи с расширением спектра была предложена в США актрисой и изобретательницей **Хеди Ламарр**. В 1942 году она запатентовала систему управления торпедами по радио. Ламарр предложила изменять несущую частоту передачи по псевдослучайному закону, что гарантировало безопасную передачу информации. Патент Ламарр стал основой для связи с расширенным спектром, которая сегодня используется в мобильных телефонах CDMA и Wi-Fi. День рождения актрисы – 9 ноября отмечается как День изобретателя в ряде стран. Любопытно, что Гитлер назвал Ламарр врагом рейха за съемки в откровенной сцене в одном из фильмов.

Датой создания Wi-Fi можно считать 1991 год. Он был разработан в Нидерландах сотрудником NCR Corporation/AT&Tз **Виком Хейзом**, которого часто называют отцом Wi-Fi (по другой версии Wi-Fi был создан в 1996 году в лаборатории радиоастрономии CSIRO в Канберре, Австралия, инженером **Джоном О'Салливаном**). Сам стандарт Wi-Fi был утвержден в 2009 году и позволил передавать данные на скорости вплоть до 54 МБит/с.



Вик Хейз (р. 1941)



Свен Маттиссон



Харальд I Синезубый  
(ок. 935 – ок. 986)



Одной из самых распространенных сетевых технологий в мире является функция беспроводной связи **Bluetooth**, которой оснащены практически все современные модели мобильных устройств. Bluetooth обеспечивает обмен информацией между такими устройствами, как персональные компьютеры, мобильные телефоны и другие гаджеты в радиусе до 10 метров друг от друга, а версия Bluetooth 4.0 позволяет передавать данные со скоростью до одного мегабита в секунду на расстоянии 100 метров.

Радиосвязь Bluetooth осуществляется в диапазоне 2,4–2,4835 ГГц. В Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты **FHSS**. Согласно алгоритму FHSS в Bluetooth несущая частота сигнала скачкообразно меняется 1600 раз в секунду. Последовательность переключения между частотами является псевдослучайной и известна только передатчику и приёмнику, которые каждые 625 мкс синхронно перестраиваются с одной несущей частоты на другую. Таким образом, если рядом работают несколько пар приёмник-передатчик, то они не мешают друг другу.

Работы по созданию Bluetooth начала в 1994 году фирма-производитель телекоммуникационного оборудования Ericsson как беспроводную альтернативу кабелям RS-232. Впоследствии над работами по использованию радиоволн для взаимодействия различных устройств на близких расстояниях объединились компании Ericsson, IBM, Intel, Toshiba и Nokia. Руководителями группы были швед **Свен Маттиссон** и голландец **Яп Хаартсен**. В 1999 году была представлена спецификация Bluetooth 1.0 (стандарт IEEE 802.15.1).

В 1997 году сотрудник Intel **Джим Кардач** предложил название Bluetooth – «Синезубый». Так прозвали когда-то короля викингов Харальда I (возможно за темный цвет зубов или кожи). Харальд I правил в X веке Данией и Норвегией и объединил их в единое королевство. Подразумевается, что Bluetooth делает то же самое с протоколами связи, объединяя их в один стандарт. Логотип Bluetooth образован из двух скандинавских рун: «хаглаз» (Hagall) – аналог латинской *H* и «беркана» (Berkanan) – латинская *B*.

Одним из наиболее существенных технических решений для организации обмена информацией была разработка программного обеспечения, получившего название **Скайп** (англ. **Skype**). Миллионы людей используют скайп для бесплатной видеосвязи и голосовых звонков, а также для обмена мгновенными сообщениями и файлами с другими пользователями скайп.

Компания Skype Technologies была основана в 2003 году шведом **Никласом Зеннстремом** и датчанином **Янусом Фриисом**. В создании программы скайп участвовали эстонские программисты **Ахти Хейнла**, **Прийт Казесалу** и **Яан Таллинн**, создавшие ранее программу для файлообмена KaZaA. Первоначально название Skype звучало как «Sky peer-to-peer» (англ. «небо» и «по сети от одного к другому»), но впоследствии было сокращено до «Skuper», а затем отпала последняя буква «r».

Первые версии программы, появившиеся в сентябре 2003 года, имели простой интерфейс, изначально адаптированный под голосовую связь. Именно простота использования, отличное качество звука и мультиплатформенность быстро привлекли к ней внимание большого числа пользователей. В первый же день Skype скачали 10 000 человек и число пользователей скайп стало стремительно расти, превысив в 2016 году 600 млн.

Любопытно, что благодаря тому, что данные были практически гарантированно защищены от перехвата, сервис стал популярен не только среди законопослушных пользователей, но и среди преступников. В Люксембургский офис компании Skype от спецслужб разных стран приходили письма с требованиями рассекретить протоколы передачи, однако безупречная юридическая база, заложенная основателями скайп, позволила защитить сервис от внешнего вторжения и нападков кого бы то ни было.

Осенью 2005 года о покупке Skype за огромную для того времени сумму в \$ 2.6 млрд объявила компания Ebay крупнейший аукцион планеты. В мгновение ока основатели сервиса стали миллиардерами, перепало кое-что и программистам: каждый из стартовой тройцы получил по \$ 42 млн. В 2011 году было достигнуто соглашение о покупке Skype компанией Microsoft за опять-таки рекордные \$ 8.5 млрд.



Янус Фриис (р. 1976)  
и Никлас Зеннстрем (р.1966)



Ян Борисович Кум (р. 1976)



Ur?» – «Как дела?»). Простота и удобство, кроссплатформенность и отсутствие рекламы обеспечили широкое распространение WhatsApp. Сегодня это один из самых популярных в мире сервисов, насчитывающий более миллиарда пользователей. В феврале 2014 года о приобретении WhatsApp за \$19 млрд объявила компания Facebook.

Популярен в Украине также мессенджер **Viber**, представленный в 2010 году двумя израильтянами – **Тальмоном Марко** и **Игорем Магазиником**. Первая версия приложения была разработана исключительно для iPhone, однако, быстро появились реализации для всех основных платформ. Удобная и стабильная голосовая связь, большое количество картинок-стикеров, помогающих передать эмоции при общении, способствовали продвижению Viber (около 800 млн пользователей в мире, более 16 млн в Украине в 2017 году). Любопытно, что центр разработки Viber находится в Минске.

В последние годы значительную конкуренцию мобильной телефонии стали оказывать **службы мгновенных сообщений**, или **мессенджеры** (англ. Instant Messaging Service, IMS), обеспечивающие обмен в реальном времени через Интернет текстовыми сообщениями, голосовой и видеoinформацией.

А началась история онлайн-мессенджеров в 1995 году, когда израильские школьники **Арик Варди**, **Сефи Вигисер**, **Яир Голдфингер** и **Амнон Амир** создали простой «интернет-пейджер» для общения друг с другом. Разработанная ими программа получила название **ICQ** по первым буквам англоязычного словосочетания I seek you («Я ищу тебя»). В 1996 году была основана компания Mirabilis, объявившая, что ICQ будет свободна для скачивания, а в 2004 году появилась мобильная версия «аськи».

Революция в развитии мессенджеров произошла в 2009 году, когда американец украинского происхождения **Ян Кум** (Кум родился в Киеве и эмигрировал в США в 1992 году) и **Брайан Актон**, работавшие ранее в Google и Yahoo, представили мессенджер WhatsApp (название происходит от американской идиомы «What's

Одно из основных направлений развития систем связи, позволяющее в перспективе получить феноменальные по нынешним меркам характеристики – использование квантовых эффектов. Носителями информации в системах **квантовой связи** чаще всего являются элементарные световые частицы – фотоны.

Квантовая связь основывается на принципе так называемой **квантовой запутанности** – явления, при котором два или несколько квантов (например, фотонов) оказываются взаимозависимыми. При этом связь между ними сохраняется, даже если они разнесены на расстояние, на котором невозможны другие физические взаимодействия – с помощью электромагнитного или гравитационного поля. Считается, что, используя эффект запутанности, в перспективе можно организовать передачу информации со скоростью, выше световой.

Теоретическое описание явления квантовой запутанности базировалось на работах Н. Бора и Э. Шрёдингера, который и ввел термин «запутанность» (англ. *entanglement*). Любопытно, что выдающийся физик XX столетия А. Эйнштейн не оценил работы коллег и называл эффект квантовой запутанности «жутким дальнодействием». Только новое поколение ученых смогло осуществить прорыв в этой области. В 1964 году ирландский ученый **Джон Белл** вывел получившие впоследствии его имя неравенства, обеспечивающие теоретическую основу для экспериментов с запутанными квантами, а в 1981 году француз **Ален Аспе** провёл опыт с двумя потоками поляризованных фотонов и доказал, что «жуткое дальнодействие» действительно существует и точно согласуется с неравенствами Белла.

А уже в 1984 американец **Чарльз Беннет** и канадец **Жиль Brassar** предложили систему **квантовой криптографии** с использованием квантовых объектов и разработали протокол квантового распределения секретного ключа (BB84). В 1989 году Беннет и Brassar построили в Исследовательском центре ИВМ первую работающую квантово-криптографическую систему. Поскольку информация в квантовых системах связи передается одиночными фотонами, которые нельзя незаметно «похитить» или скопировать, не изменив их состояние, вероятность взлома полностью исключена.

В 2016 году в рамках проекта Академии наук Китая **Quantum Science Satellite (QSS)** был запущен первый в мире спутник, предназначенный для квантовой передачи информации на Землю и получивший название **Мо-цзы** (в честь древнекитайского философа). Летом 2017 года спутник передал данные с использованием запутанных фотонов по защищённому каналу между Грацем (Австрия) и Синлуном (Китай) на расстояние 7600 км.



Спутник «Мо-цзы»

## 6. Электроника на страже здоровья

Каждому человеку приходится хотя бы иногда обращаться к врачу. И мы совершенно не удивляемся, когда доктор направляет нас на УЗИ, флюорографию или другое исследование и только после этого ставит диагноз. А ведь еще не так давно, всего несколько поколений назад, основными инструментами врача были его собственные глаза и уши. Но за последние несколько десятилетий интерьеры лечебных учреждений изменились коренным образом – хитрые приборы, облепленные проводами и загадочно мигающие огоньками, появились практически в каждом врачебном кабинете. Можно смело сказать, что без электронной аппаратуры сегодня невозможны ни диагностика заболеваний, ни эффективное их лечение.

Как же получилось, что электроника так плотно вошла в медицинскую практику? XX век стал веком электроники. Это привело к качественному изменению практически всей мировой экономики на основе новых технологий.

Развитие медицины и физики всегда были тесно переплетены между собой. Еще в глубокой древности медицина использовала в лечебных целях физические факторы, такие как тепло, холод, звук, свет, различные механические воздействия. Наиболее плодотворно достижения физики стали использоваться в медицине примерно с конца XVIII века, когда были открыты электричество и электромагнитные волны. Конец XIX – середина XX веков связаны с открытием рентгеновских лучей, радиоактивности, теории строения атома, электромагнитных излучений.

Медицинская электроника по-настоящему стала утверждаться как самостоятельная наука и профессия во второй половине XX века с развитием новой элементной базы. В медицине стали широко применяться радиодиагностические аппараты, компьютерные томографы, гипертермия и магнитотерапия, лазерные, ультразвуковые и многие другие медико-электронные технологии и приборы.

Год от года усиливается интеграция компьютера и человека. Сравнительно недавно компьютеры так резко уменьшились в размерах, что смогли перебраться к нам на стол. Затем они стали еще более миниатюрными, и мы начали носить их в кармане. Следующим шагом электроника внедрится нам под кожу. Впрочем, это происходит уже сегодня: электроника управляет вживленным искусственным сердцем, имплантируемые чипы несут информацию об истории болезни пациента, ведутся эксперименты по созданию искусственного электронного зрения.

Современной тенденцией становится контроль здоровья пациентов через Интернет и мобильный телефон. Не тратя времени на путешествие в больницу и на необходимые анализы, пациент за несколько минут посылает доктору нужные показатели о состоянии своего здоровья.

Краткие сведения о наиболее важных и распространенных медицинских электронных приборах и аппаратах, их назначении, характеристиках, истории создания приводятся в данной главе.

**Рентгенография** – это метод неинвазивной диагностики заболеваний органов и тканей, основанный на особом свойстве рентгеновских лучей проникать через плотные непрозрачные среды и поглощаться ими в неодинаковой степени в зависимости от их химического состава и физических свойств. В настоящее время рентгенография остается основным методом диагностики поражений костно-суставной системы, легких (особенно для раннего выявления заболеваний) и ряда других патологий.

Впервые зарегистрировал затемнение фотопластинки под действием рентгеновского излучения немецкий физик **Вильгельм Конрад Рентген**. Рентген занимался исследованием природы катодных лучей в вакууме, используя запаянную с двух концов трубку с электродами, которую изобрел еще английский физик **У. Крукс**. 8 ноября 1895 года, проводя эксперименты с катодным излучением и обернув вакуумную трубку плотной черной бумагой, Рентген обнаружил, что лежащий неподалёку бумажный экран, покрытый слоем платиноцианистого бария, начал светиться зеленоватым цветом. В результате дальнейших исследований учёный пришёл к выводу, что из трубки исходит неизвестное излучение, названное им впоследствии икс-лучами.



Рентгенограмма  
кисти жены Рентгена  
Анны-Берты



Вильгельм Конрад Рентген  
(1845–1923)

При исследовании лучей Рентген обнаружил, что они проходят сквозь многие непрозрачные материалы, в том числе через человеческое тело, при этом на фотопластинке формируется изображение внутренних органов. Это открытие стало первым в мире методом медицинской визуализации. Снимок кисти жены Рентгена с обручальным кольцом на пальце был приложен к статье Рентгена «О новом роде лучей», опубликованной 28 декабря 1895 года.

Публике рентгеновский аппарат был впервые представлен в Нью-Йорке 18 января 1896 года и имел большой успех. Некоторые журналисты даже утверждали, что при помощи икс-лучей возможно чтение мыслей.

За открытие икс-лучей В. К. Рентген был в 1901 году удостоен Нобелевской премии (первый в истории физик-лауреат).



Иван Павлович Пулюй  
(1845–1918)



Изображение мыши,  
полученное И. Пулюем

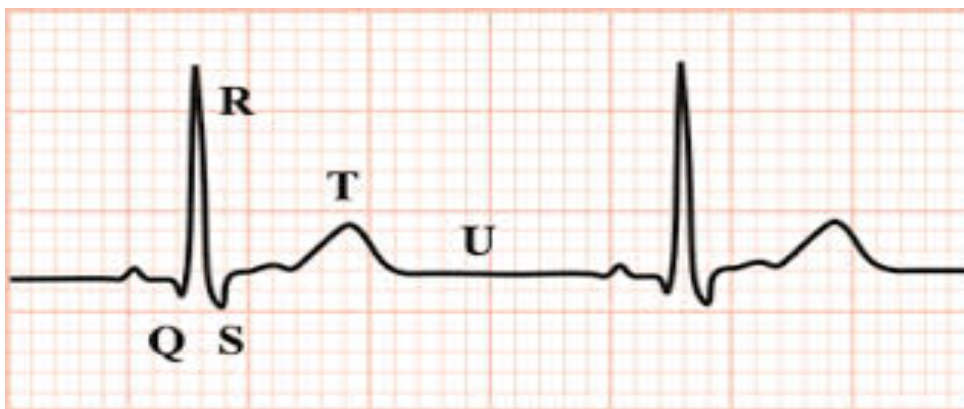
**Иван Павлович Пулюй** – украинский физик, организатор науки. Известен пионерскими работами по исследованию катодных лучей.

И. П. Пулюй родился в 1845 году в австро-венгерском городке Гримайлове (ныне Тернопольская область, Украина). После окончания Тернопольской гимназии и Венского университета занимался преподаванием и физическими исследованиями в различных учебных заведениях Австро-Венгрии. С 1884 года – заведующий кафедрой физики Немецкой высшей технической школы (ныне Чешский технический университет) в Праге, которую он в 1903 году преобразовал в первую в Европе кафедру физики и электротехники. С 1888 по 1889 годы И. Пулюй был ректором этой школы.

Разработки Пулюя входят в коллекции научных музеев Праги, Вены, Парижа, Лейпцига. Катодная флуоресцентная «лампа Пулюя» в 1881 году принесла ему премию на Парижской выставке научных достижений, а прибор для измерения механического эквивалента теплоты – медаль в 1878 году.

В 1880–1882 годах И. Пулюй подробно описал видимые **катодные лучи** в статье «Сияющая материя и четвертое состояние вещества». Некоторое время серийно выпускалось устройство, известное как «лампа Пулюя», представлявшее собой газоразрядную лампу. Через 14 лет после разработки «лампы Пулюя» была опубликована работа В. К. Рентгена об открытии нового рода лучей. Как выяснилось после этого, «лампа Пулюя» также являлась источником этого излучения, названного впоследствии, по предложению анатома А. фон Кёлликера, рентгеновским. С ее помощью И. П. Пулюй впервые в мировой практике сделал снимок сломанной руки 13-летнего мальчика, снимок руки своей дочери с булавкой, лежащей под ней и ряд других. Серия рентгенограмм органов человека, выполненная Пулюем, была настолько четкой, что позволила выявить патологические изменения в телах пациентов.





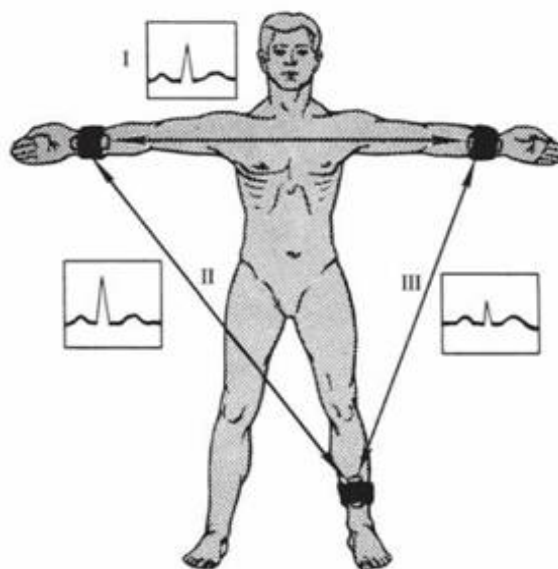
Фрагмент электрокардиограммы

**Электрокардиография** – методика регистрации и исследования электрических потенциалов, образующихся при работе сердца. Результатом электрокардиографии является получение и регистрация на дисплее или бумаге **электрокардиограммы (ЭКГ)** – графического представления разности потенциалов, возникающих в результате работы сердца и проводящихся на поверхность тела.

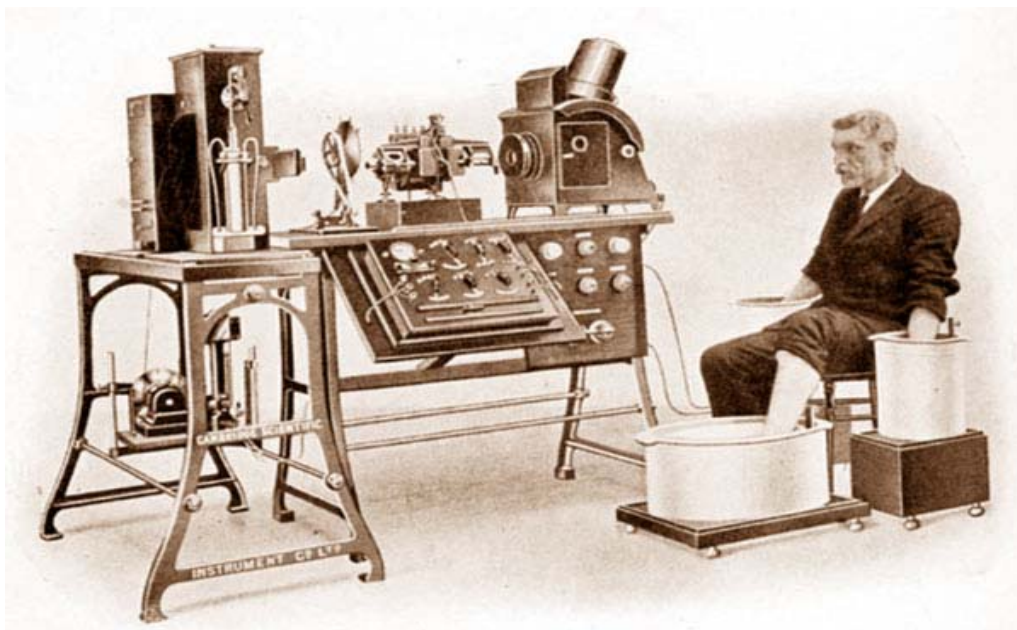
Для регистрации ЭКГ производят отведение потенциалов от конечностей и поверхности грудной клетки. Обычно используют три так называемых стандартных отведения от конечностей: I отведение: правая рука – левая рука; II отведение: правая рука – левая нога; III отведение: левая рука – левая нога.

Прохождение импульса по проводящей системе сердца графически записывается по вертикали в виде пиков – подъемов и спадов кривой линии. Эти пики принято называть зубцами электрокардиограммы и обозначать латинскими буквами P, Q, R, S и T. Помимо регистрации зубцов, на электрокардиограмме по горизонтали записывается время, в течение которого импульс проходит по определенным отделам сердца. Отрезок на электрокардиограмме, измеренный по своей продолжительности во времени (в секундах), называют интервалом.

Квалифицированный анализ ЭКГ позволяет выявлять большинство известных сердечно-сосудистых заболеваний: нарушения ритма и проводимости, ишемию миокарда и состояния, сопряженные с высоким риском внезапной смерти (например удлинение интервала QT).



Наложение электродов при стандартных отведениях ЭКГ



Виллем Эйнтховен (1860–1927) у своего аппарата

История электрокардиографии начинается с опытов швейцарского физиолога **Э. Г. Дюбуа-Реймона**, обнаружившего в 1842 году, что при сокращении сердца лягушки возникает электрический потенциал. В 1872 году французский физик **Габриель Липпман** изобрел ртутный капиллярный электрометр, который давал возможность под микроскопом наблюдать изменения потенциала действия, а британский ученый **Август Уоллер** посредством этого прибора первым записал эти потенциалы у человека. Однако из-за большой инерционности ртутного столбика полученная Уоллером запись ЭДС сердца неточно воспроизводила его функционирование.

Революцию в технологии электрокардиографии произвел голландский физиолог **Виллем Эйнтховен**, создавший в 1903 году высокочувствительный гальванометр, пригодный для практического использования. В 1924 году В. Эйнтховену была присуждена Нобелевская премия по медицине.

Основу гальванометра Эйнтховена составляла тонкая кварцевая нить, находящаяся под напряжением в магнитном поле. Она реагировала на очень малые токи, отклоняясь в зависимости от силы и направления тока. Колебания нити усиливались и фотографировались на движущуюся ленту.

Таким образом, возникала кривая, названная В. Эйнтховеном электрокардиограммой, которая отражала биотоки сокращающегося сердца. Этот кардиограф был весьма громоздким, он весил около 270 кг и обслуживался пятью сотрудниками. Используя свой кардиограф, Эйнтховен изучил закономерности электрических явлений сердца, им были обозначены основные зубцы и интервалы электрокардиограммы, измерены их амплитудные и временные характеристики. И, наконец, им была предложена локализация основных электродов на поверхности тела пациента. Электроды располагались по углам треугольника (**треугольник Эйнтховена**): на плечевых поверхностях обеих рук и левой ноге (часто ЭКГ записывают в двенадцати отведениях: три стандартных двухполюсных отведения, три однополюсных усиленных отведения от конечностей и 6 однополюсных грудных отведений).



Норман Холтер  
(1914–1983)



Беспроводный регистратор ЭКГ

**Суточное мониторирование ЭКГ**, или **холтеровский мониторинг**, – метод электрофизиологической инструментальной диагностики, предложенный американским биофизиком **Норманом Холтером**. Холтеровский мониторинг – это запись обычной электрокардиограммы (ЭКГ) больного, ведущего привычную физическую активность, в течение суток и более. Прибор закрепляется на теле пациента и регистрирует показания датчиков. Затем результаты, записанные на носитель информации, например во флеш-память, переносятся на компьютер и исследуются врачом-кардиологом.

Преимуществом холтеровского мониторинга по сравнению со снятием стандартной ЭКГ состоит в том, что многие заболевания сердца, например различные виды аритмий, становятся заметны только во время физической активности, стрессовых ситуаций, во время еды и даже сна.

Современные системы холтеровского мониторинга обеспечивают беспроводную (например, через Bluetooth) коммуникацию с компьютером, мобильным телефоном или планшетом. В результате развития компьютерных технологий возможности холтеровского мониторинга были использованы для диагностики ишемической болезни сердца, оценки вариабельности сердечного ритма или интервала турбулентности интервала RR, выявления изменений интервалов PQ и QT, изменений морфологии комплексов QRS, обусловленных нарушениями внутрижелудочковой проводимости.

Первый разработанный Холтером в 1947 году аппарат состоял из громоздкого ЭКГ-радиотрансмиттера и тяжелых батарей (общий вес устройства составлял почти 40 кг). К 1952 году массу прибора удалось уменьшить до 1 кг. С появлением транзисторов размеры устройства сократились, а радиотрансмиссию сменила запись на магнитные носители, а позднее – в энергонезависимую память. Н. Холтер и его сотрудники разработали также систему воспроизведения, что позволило отображать записанную ЭКГ на дисплее.



Владимир Владимирович  
Правдич-Неминский (1879–1952)



Ганс Бергер  
(1873–1941)

**Электроэнцефалография (ЭЭГ)** – метод исследования состояния головного мозга, основанный на регистрации его биоэлектрической активности через неповрежденные покровные ткани головы. Входящие в состав электроэнцефалографа высокочувствительные электронные усилители позволяют в реальном времени получать и графически отображать картину изменения колебаний биопотенциалов в разных областях коры больших полушарий. Современные электроэнцефалографы – это многоканальные приборы, позволяющие одновременно регистрировать биотоки, отводимые от нескольких симметричных отделов головы. Запись ЭЭГ широко применяется в диагностической и лечебной работе (особенно часто при эпилепсии), в анестезиологии, а также при изучении деятельности мозга, связанной с реализацией таких функций, как восприятие, память, адаптация и т. д.

Первооткрывателем электрической активности головного мозга был англичанин **Ричард Катон**, сумевший в 1875 году записать электрические потенциалы на открытой коре мозга экспериментальных животных. Начало практическим электроэнцефалографическим исследованиям положил украинский ученый, сотрудник Киевского университета, **В. В. Правдич-Неминский**, опубликовав в 1913 году первую электроэнцефалограмму, записанную при помощи струнного гальванометра, с неповрежденного мозга собаки. Правдич-Неминский ввел термин «электроцереброграмма» – запись электрической активности мозга, предложил первую классификацию частот электроэнцефалограмм, обнаружил ритмичность в деятельности мозга.

Первая запись ЭЭГ человека получена немецким психиатром **Гансом Бергером** в 1928 году. Он же предложил запись биотоков мозга называть «электроэнцефалограмма». Альфа-волны ( $\alpha$ - и  $\beta$ -ритмы) мозговой активности, имеющие частоту 8–12 Гц, получили название волн Бергера.



Николай Евгеньевич  
Введенский  
(1852–1922)

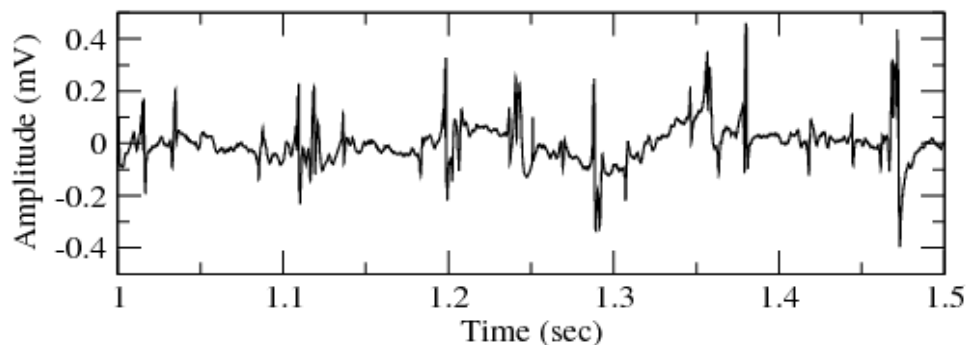


Ганс Пипер  
(1877–1915)

**Электромиография (ЭМГ)** представляет собой метод исследования периферических нервов, мышечного аппарата и нейромышечной передачи с помощью регистрации биопотенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека и животных при возбуждении мышечных волокон.

В 1884 году работы по изучению электрических явлений в мышцах провел российский ученый **Н. Е. Введенский**, которому удалось прослушать по телефону импульсы, которые передаются по возбужденному нерву, зарегистрировать мышечный тон и определить ритмический характер нервного возбуждения. В 1907 году немецкий нейрофизиолог **Г. Пипер** впервые произвел запись миограммы человека при помощи струйного гальванометра.

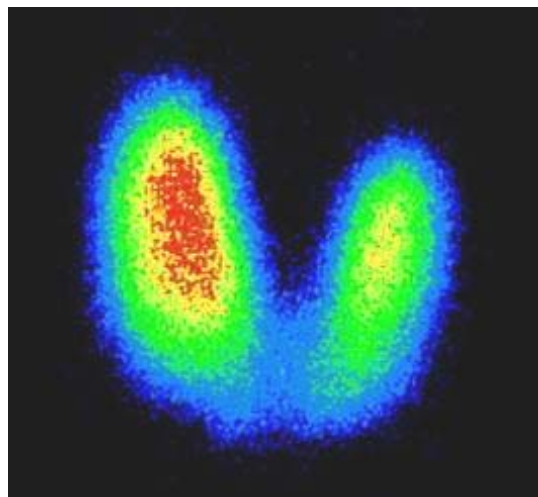
В настоящее время ЭМГ является основным методом в диагностике болезней периферических мотонейронов, нервов, мышц, нервно-мышечной передачи. Ведутся также интенсивные исследования по применению электромиографов для преобразования мышечных потенциалов в сигналы управления биоэлектрическими протезами, электронными имплантами, экзоскелетами, компьютерами, игровыми приставками.



Миограмма здорового человека



Гамма-камера



Сцинтиграмма  
щитовидной железы

**Сцинтиграфия** (от лат. *scinti* – сверкать и греч. *grapho* – изображать, писать) – один из методов визуализации внутренних органов (сердца, мозга, почек, печени и т. д.). Метод основан на использовании сцинтилляционной гамма-камеры для исследования равномерности распределения радиофармацевтического препарата (обычно используют радиоизотопы йода-123 и 131, таллия-201, а также технеция-99), предварительно введённого в организм.

При проведении исследования пациенту внутривенно или перорально вводят радиоиндикатор – препарат, состоящий из молекулы-вектора и радиоактивного изотопа. Молекула-вектор поглощается определённой структурой организма (орган, ткань, жидкость), а радиоактивная метка служит «передатчиком», испуская гамма-лучи, которые регистрируются **гамма-камерой**. При этом в здоровой ткани препарат распределяется равномерно, а избытки его будут заметны там, где есть какие-либо изменения ткани.

Впервые использование радиоактивных индикаторов в медицинской практике было зарегистрировано в 1911 году, а родоначальником метода считают венгра **Дьёрдя де Хевеши**, удостоенного за своё открытие Нобелевской премии в 1943 году. Хевеши предложил «отметить» свинец радиоактивным изотопом и таким образом проследить его путь в химических реакциях при помощи знаменитого впоследствии метода «меченых атомов» (впервые Хевеши использовал этот метод, чтобы убедиться, что в столовой, где он питался, для приготовления еды использовали недоеденные остатки).

В 1923 году Хевеши сообщил, что с помощью радия-D и тория-B ему удалось проследить распределение свинца в растениях и животных – это было первое применение радиоактивных индикаторов в биологии.

В медицинскую практику использование радионуклидов вошло в 1950-х годах. В 1951 году **Бенедикт Кассен** с коллегами создал для целей радионуклидной диагностики прямолинейный сканер, ставший более чем на два десятилетия главным инструментом ядерной медицины. В 1958 году **Хэл Энджер** усовершенствовал свою первую гамма-камеру, создав «сцинтилляционную камеру», которая дала возможность одномоментного диагностирования объекта без перемещения сканера.



Эрнст Август Руска  
(1906–1988)

Развитие в XX веке физики, химии, биологии вызвало необходимость в получении изображений объектов с таким максимальным увеличением, которого не могли дать самые совершенные оптические микроскопы. Решение этой проблемы стало возможным с изобретением **электронного микроскопа**, позволяющего получать изображения объектов с увеличением до  $10^6$  раз, благодаря использованию вместо светового потока пучка электронов с энергиями 200 эВ – 400 кэВ и более.

Теоретической основой электронной микроскопии стало изобретение в 1926 году немецким ученым **Г. Бушем магнитных линз** – устройств для фокусировки электронов магнитным полем. А действующий **просвечивающий электронный микроскоп** создал в 1931 году немецкий физик **Э. Руска** при содействии инженера **М. Кнолля**. В 1933 году ими же был представлен прибор с разрешением 50 нм, то есть

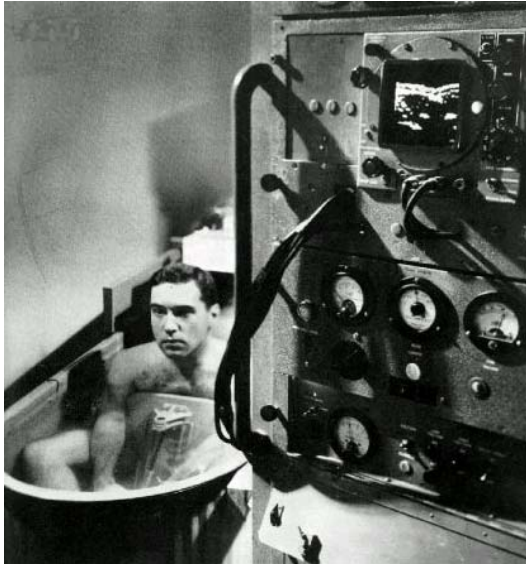
выше, чем у светового микроскопа. В просвечивающем микроскопе изображение ультратонкого (0,1 мкм) объекта формируется в результате взаимодействия объекта с пучком электронов, увеличивается магнитными линзами и отображается на флуоресцентном экране.

В 1981 году немец **Г. Бинниг** и швейцарец **Г. Рорер** создают **сканирующий электронный туннельный микроскоп (СТМ)**. В СТМ острая металлическая игла (зонд) подводится к образцу на расстояние менее 1 нм. При подаче на иглу небольшого потенциала возникает туннельный ток, по величине которого определяются расстояние между образцом и кончиком иглы и строится трехмерное изображение объекта.

В 1986 году работы Э. Руски, Г. Биннига и Г. Рорера была отмечены Нобелевской премией по физике. Также был удостоен Нобелевской премии британский и южноафриканский учёный **Аарон Клуг** за разработку метода **кристаллографической электронной микроскопии** и прояснение структуры биологически важных комплексов «нуклеиновая кислота – белок».



Генрих Рорер (1933–2013)  
Герд Карл Бинниг (р. 1947)



Сомаскоп Д.Хаури



УЗИ-изображение печени

**Ультразвуковое исследование (УЗИ)** – неинвазивное исследование организма человека с помощью ультразвуковых волн частотой от 2 до 10 МГц. Ультразвуковой датчик содержит один или более пьезоэлектрических кристаллов, преобразующих электрический сигнал в звуковые волны требуемой частоты. Средняя скорость прохождения звуковых волн сквозь различные среды различна: воздух – 300 м/с, мягкие ткани – около 1540 м/с; кость – 4000 м/с. Там, где звуковые волны встречают препятствия между двумя обладающими разным акустическим сопротивлением тканями, часть звуковой волны отражается. Отраженные звуковые волны вызывают механическую деформацию кристалла и благодаря пьезоэлектрическому эффекту преобразуются в электрические сигналы, а затем – в графические изображения, отображаемые на экране монитора или бумаге.

Существует два основных режима получения статического УЗИ-изображения: **А-режим изображения** (от англ. Amplitude – амплитуда) и **В-режим** (от Brightness – яркость). При более простом режиме А отраженные волны выглядят как пики на горизонтальной линии. При использовании **В-режима** изображение на экране отражает положение структур внутри тела. Интенсивность эха отражается яркостью точек на экране. Для исследования движущихся органов используется режим М-scan (от Moving – движущийся).

В природе ультразвук открыл в ходе опытов с летучими мышами итальянский ученый **Ладзарро Спалланцани** в 1794 году. В 1870 году открытие **Пьером и Жаком Кюри** пьезоэлектрического эффекта привело к созданию ультразвукового преобразователя.

Первый медицинский ультразвуковой прибор был создан в 1949 году американским ученым **Дугласом Хаури**. Аппарат Хаури представлял собой резервуар с жидкостью, в которую помещался пациент, вынужденный долгое время сидеть неподвижно, пока вокруг него передвигался сканер брюшной полости – сомаскоп. К середине 60-х годов УЗИ-сканеры приняли вид, близкий к современному оборудованию с мануальными датчиками.



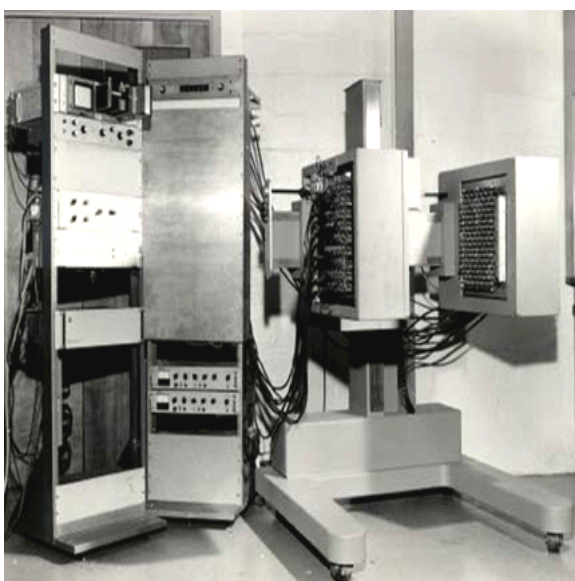
В 1972 на ежегодной конференции Британского института радиологии англичанин **Годфри Хаунсфилд** сделал сообщение, которое можно рассматривать как самое значительное событие в медицинском приборостроении со времен Рентгена. Хаунсфилд сообщил о клинических испытаниях разработанного английской фирмой EMI, знаменитой также изданием пластинок группы «Beatles», **компьютерного томографа**. Томограф РС-1 базировался на принципах детектирования аннигиляционных гамма-квантов, испускаемых позитронными излучателями, и за счет вращения двух блоков детекторов обеспечивал получение трехмерных изображений внутренних органов. Первые томографы были предназначены только для исследования головного мозга, однако быстрое развитие компьютеров позволило к 1976 году создать томограф для исследования всего тела.



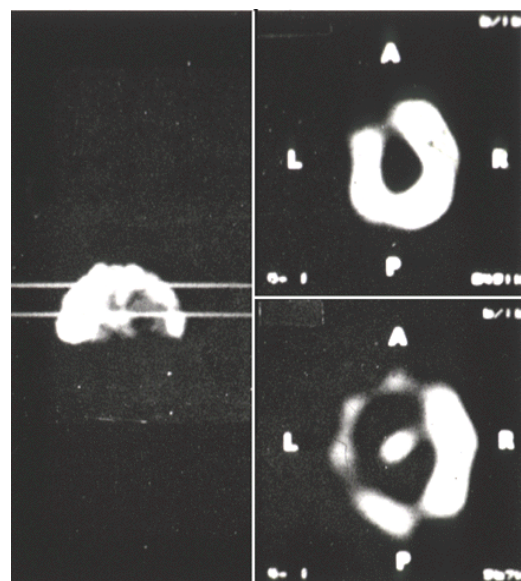
Годфри Хаунсфилд  
(1919–2004)

Открытие компьютерной томографии произвело переворот в медицинской диагностике, и в 1979 году Годфри Хаунсфилду и **Аллану Кормаку** была присуждена Нобелевская премия в области физиологии и медицины. Именем учёного названа шкала измерения плотности среды для рентгеновских лучей, используемая в томографии, – шкала Хаунсфилда.

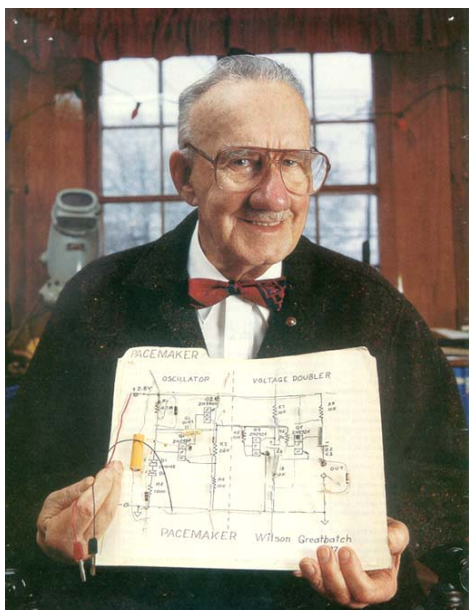
Получили распространение также **магнитно-резонансная томография (МРТ)**, предложенная в 1973 году американцем Полом Лотербуром (Нобелевская премия 2003 года), и **позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)**, изобретенная в 1975 году американским физиком Майклом Тер-Погосяном.



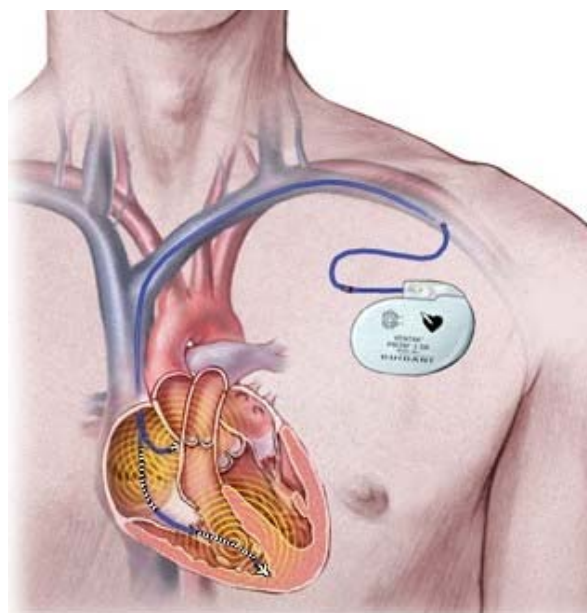
Компьютерный томограф РС-1



Томограмма мозга



Уилсон Грейтбэтч  
(1919–2011)



Размещение кардиостимулятора  
в теле пациента

**Электрокардиостимулятор** – медицинский прибор, предназначенный для воздействия на ритм сердца в случае его нарушения. Кардиостимулятор наблюдает за частотой сердечных сокращений и при необходимости посылает безболезненные электрические разряды в правый желудочек сердца, чтобы стимулировать очередное сокращение. В состав современного кардиостимулятора входят микроконтроллер, батарейка и от одного до трех электродов. Наружная оболочка стимулятора изготавливается из титана или специального инертного для тела сплава.

Этот прибор, сохраняющий жизнь миллионам людей, был изобретен случайно. В 1941 году инженер **Джон Хоппс** по заказу флота США проводил исследования в области гипотермии. Перед ним была поставлена задача найти способ быстро обогреть человека, долгое время пребывавшего в холодной воде. Хоппс пытался использовать для разогрева высокочастотное радиоизлучение и случайно обнаружил, что сердце, переставшее биться в результате переохлаждения, может быть снова «запущено», если его стимулировать электрическими импульсами. В 1950 году, на основе открытия Хоппса, был создан первый кардиостимулятор. Он был громоздким и неудобным, его применение иногда приводило к появлению ожогов на теле больного.

В 1958 году шведский ученый **Руне Элмквист** создал имплантируемый кардиостимулятор на основе двух транзисторов и вживил его под кожу пациенту, который прожил после операции 44 года.

Второе важнейшее случайное открытие совершил американский медик **Уилсон Грейтбэтч**. Работая над созданием устройства, которое должно было записывать сердечный ритм, он однажды случайно вставил в устройство неподходящий резистор и заметил, что в электрической цепи возникли колебания, напоминающие ритм работы человеческого сердца. В 1958 году Грейтбэтч создал вживляемый кардиостимулятор, контролирующий биение сердца собаки, а в 1960 первые приборы были имплантированы десяти пациентам.



Чарльз Келман  
(1930–2004)



Ультразвуковой  
костный скальпель

Одним из направлений использования ультразвука в медицине является **инструментальная ультразвуковая хирургия**. Ультразвуковые колебания, наложенные на рабочую часть скальпелей и других хирургических инструментов, придают им ряд положительных свойств. Амплитуда колебания наконечника может составлять от 15 до 350 мкм, а рабочая частота выбирается из диапазона до 30 кГц. Ультразвуковые инструменты обладают преимуществами перед электро- или криохирургическими, так как не прилипают к ткани и поверхности раневого канала, не причиняя пациентам дополнительных травм. При этом, в отличие от лазерной хирургии, хирург, ощущая сопротивление ткани при операции, лучше контролирует процесс ее рассечения.

Разновидностью ультразвуковой хирургии является **факоэмульсификация** – микрохирургический метод удаления катаракты глаза, при котором для разрушения ядра хрусталика по принципу «отбойного молотка» используется специальная игла (факонконечник), осуществляющая возвратно-поступательные и/или осцилляционные колебания частотой выше 20 кГц. Изобретателем метода является американский офтальмолог **Чарльз Келман**.

История факоэмульсификации начинается еще в шестидесятых годах прошлого века, когда Келман стал разрабатывать технику удаления мутного хрусталика через небольшой разрез, для чего было необходимо в ходе операции разрушить ядро хрусталика на мелкие части и удалить их через разрез порядка 3,0–3,5 мм. Келман решил использовать для разрушения ядра хрусталика энергию ультразвука (существует мнение, что применить ультразвук Келман решил во время посещения кабинета стоматолога). В 1968 году Келман впервые в клинике применил новую методику экстракции катаракты – ультразвуковую факоэмульсификацию (до этого Келман провел около 300 операций на животных). В результате операций Келмана почти у 90 % пациентов удалось достичь остроты зрения 0,5 и выше.



Джон Р. Адлер (р. 1954)

Составные части КиберНожа

**КиберНож** – это революционное изобретение в современной онкологии, с появлением которого появилась возможность спасти миллионы жизней. Данный метод, основанный на облучении опухолей высокими дозами радиации с высокой точностью, предлагает неинвазивное лечение доброкачественных и злокачественных опухолей практически любой локализации.

КиберНож состоит из нескольких основных компонентов. Линейный ускоритель способен создавать мощный поток излучения с энергией в 6 мегаэлектрон-вольт. Ускорителем управляет робот-манипулятор с шестью степенями свободы. Несколько рентгеновских камер, подключенных к программно-аппаратной системе слежения и обработки изображений, постоянно отслеживают позиции пациента и опухоли и используют эту информацию для нацеливания пучка излучения, испускаемого линейным ускорителем. Система синхронизации дыхания анализирует параметры дыхания пациента при помощи дополнительных рентгеноконтрастных маркеров и корректирует положение ускорителя. Результаты экспериментов показали, что точность позиционирования инструмента составляет около 0,5 мм, что даёт возможность воздействовать излучением на опухоль и при этом не затрагивать области здоровых тканей вокруг неё. Движения пациента, включая дыхание, не мешают установке точно направлять излучение КиберНожа на опухоль.

КиберНож был изобретен в 1994 году профессором **Джоном Адлером** из Стэнфордского университета. В то время Адлер проходил аспирантуру под руководством шведского профессора нейрохирургии **Ларса Лекселла**, изобретателя гамма-ножа – инструмента, использующего радиоизлучение, возникающее при распаде кобальта-60, для лечения и удаления опухолей головного мозга. Вернувшись в США, Адлер разработал методику неинвазивной роботизированной радиохирургии, обеспечивающую удаление опухолей, метастаз и различных новообразований по всему телу, а впоследствии способствовал ее широкому распространению в мире.

Развитие компьютерных и телекоммуникационных технологий коренным образом изменило современное здравоохранение. Обмен медицинской информацией между специалистами позволяет повышать качество и доступность диагностики и лечения пациентов. Такая медицинская помощь на расстоянии с применением систем связи, осуществление эпидемиологического надзора, а также дистанционное обучение, управление и проведение научных исследований в области медицины получила общее название «**телемедицина**».



Первые практические результаты дистанционной диагностики заболеваний относятся к 1905 году, когда изобретатель электрокардиографии голландец **В. Эйнтховен** произвел передачу электрокардиограммы из своей домашней лаборатории в университетскую клинику на расстояние 1,5 км с использованием телефонного кабеля, в 1949 году в госпитале Пенсильвании состоялась первая телевизионная трансляция хирургической операции. В 1959 впервые в США телевизионная связь была использована для проведения консультации психиатра. В том же году из США в Монреаль (Канада) было передано по коаксиальному кабелю изображение флюорограммы легких. А термин «телемедицина» впервые появился в 1974 году в статье **Р. Марка** «Система телемедицины: недостающая связь между домом и больницей».

Сегодня наиболее распространенным направлением телемедицины считаются **удалённые консультации** и диагностика пациентов на расстоянии. С помощью систем видеоконференцсвязи между врачом-консультантом и пациентом налаживается аудиовизуальный контакт. Таким образом, пациент и врач могут не только видеть и слышать друг друга, но ещё и обмениваться графическими и текстовыми данными (кардиограмма, рентгеновский снимок пациента или рекомендации врача). **Дистанционные системы наблюдения** за пациентами применяются медицинскими работниками для непрерывного контроля состояния их здоровья. Кардиограммы, данные о температуре тела, давлении и других параметрах пациента передаются врачу через мобильный телефон или другой гаджет. При этом может применяться компьютерная обработка информации в реальном времени и мониторинг состояния больного с выработкой рекомендаций по лечению, что особенно важно в критических ситуациях, угрожающих здоровью и жизни пациента.

Медицинские семинары и лекции, транслируемые системой видеоконференцсвязи, дают возможность квалифицированным специалистам делиться своими знаниями и умениями не только теоретически, но и практически, например, путем трансляции хирургических операций с помощью веб-камер.

## 7. Компании – локомотивы экономики и прогресса

Раздел посвящен истории возникновения и дальнейшего становления компаний, которые мы все хорошо знаем. Это компании со своей собственной культурой, которые изобрели то, о чем другие даже и не мечтали, и некоторые из них смогли изменить мир и нашу жизнь, в частности.

Каждый день мы многократно сталкиваемся с продукцией ведущих мировых корпораций в области электротехники и электроники. Иногда мы видим логотипы этих фирм на бытовых приборах: телефоне, телевизоре, стиральной машине. Иногда деятельность этих компаний не сразу бросается в глаза, но от этого не становится менее важной – разработанные ими системы автоматики, связи, информационные системы позволяют повышать эффективность промышленности, сельского хозяйства, финансовых структур.

Можно задать себе вопрос, что же общего у крупнейших компаний, определяющих сегодня наш образ жизни? За счет чего им удалось выделиться среди многих фирм и фирмочек, возникающих каждый день в разных странах? Как удалось им пройти путь от гаражей и сараев до транснациональных структур, в которых сотни тысяч людей создают продукцию стоимостью в десятки миллиардов долларов?

Самый поверхностный анализ показывает, что общим у всех крупнейших компаний было наличие выдающейся личности – основателя. Настойчивость, целеустремленность, умение принимать нестандартные, а иногда и непопулярные решения, способность пожертвовать личными интересами во имя корпоративных позволили вывести компании на нынешний высочайший уровень. На этом пути у многих фирм случались и неудачи, и банкротства, и даже уголовные преследования руководителей, но основатели не теряли присутствия духа и твердо вели возглавляемые ими фирмы к процветанию. Недаром имена Томаса Эдисона, Билла Гейтса, Стива Джобса стали нарицательными, как синоним эффективных менеджеров.

Другим общим качеством наиболее эффективных фирм было стремление не только использовать последние достижения науки, но и самим производить эти достижения. Руководство ведущих фирм однозначно сходилось в вопросе о важности научных исследований в экономической деятельности. Во главу угла многих ныне легендарных фирм ставилось развитие микроэлектронных технологий, компьютерных и информационных систем, что в конце концов привело к информационно-технологической революции.

Заслуживает упоминания и умение многих менеджеров – руководителей прославленных фирм – создавать неповторимую креативную атмосферу на предприятиях. Ставший ныне легендой менеджер корпорации General Electric Джек Уэлч считал основным принципом своей деятельности: добиваться большего от меньшего количества людей, для чего предоставлять персоналу компании максимально комфортные условия.

Знакомству с путями становления и развития некоторых ведущих электронных и компьютерных корпораций мира и посвящена эта глава.



Вернер фон Сименс  
(1816–1892)

# SIEMENS

Сегодня фирма **Siemens AG** производит огромное количество электротехники, электроники, энергетического и транспортного оборудования, медицинских приборов и светотехники. А создана компания была свыше 150 лет назад. В 1847 году немецкий инженер и ученый **Вернер Сименс**, совместно с **Иоганном Гальске**, открыл фирму Telegraphen-Bauanstalt Siemens & Halske. Кроме электротелеграфии, фирма занималась широким кругом работ в области точной механики и оптики.

В 1848–1849 годах фирма Siemens & Halske построила первую в Германии телеграфную линию Берлин – Франкфурт-на-

Майне. В 1853 году фирма начала строительство телеграфной сети в Российской империи – от Финляндии до Крыма – протяженностью свыше 10 000 км. В 1868 году компанией начато строительство Индоевропейской телеграфной линии длиной 11 000 км, связывающей Лондон и Калькутту через Берлин, Варшаву, Одессу, Керчь.

Первый **электрический трамвай** в Российской империи был построен фирмой Siemens 1 июня 1892 года в Киеве. В мае 1896 года была открыта построенная фирмой первая на европейском континенте линия метро в Будапеште – только за первый год работы она перевезла 4 млн человек.

С 1932 года Siemens-Reiniger-Werke AG – крупный производитель диагностических и терапевтических **медицинских аппаратов**, в частности, рентгеновского оборудования. В 1958 году компания Siemens представила первый в мире **имплантируемый кардиостимулятор**.

В 1959 году фирма Siemens представила **модульную электронную систему управления – SIMATIC**, ставшую важной вехой в развитии промышленной автоматизации. Сегодня SIMATIC – это целое семейство продуктов, предназначенных для автоматизации технологических процессов и предприятий, в которое входят линейки программируемых логических контроллеров (первое место в мире – 30.7 % мирового рынка), средства человеко-машинного интерфейса, промышленные персональные компьютеры.

С 1985 по 2005 Siemens успешно занимается производством **мобильных телефонов**: в 1997 году создан первый в мире сотовый телефон с цветным экраном, в 1999 – первый в мире телефон **слайдер**, в 2000 – первый телефон с MP3 плеером и поддержкой карт памяти. Оборот фирмы Siemens за 2016 год составил 79.64 млрд евро.

В честь Вернера Сименса названа единица измерения электрической проводимости в системе единиц СИ, величина, обратная ому,  $1 \text{ См} = 1 / \text{Ом}$ .



Кнут Фредерик  
Идестам (1838–1916)

# NOKIA

**Nokia Corporation** – финская транснациональная компания, производитель телекоммуникационного оборудования для мобильных, фиксированных, широкополосных и IP-сетей.

**12 мая 1865 года** финский горный инженер Фредрик Идестам начал строительство фабрики для выпуска древесной массы у реки **Нокия** в городе Тампере, который тогда, как и вся территория Финляндии, был частью Российской империи.

Спустя несколько лет к бизнесу Идестама присоединился его старый друг – историк

**Леопольд Мехелин**. Так было положено начало будущей **Nokia Corporation**.

В 1902 году одним из видов деятельности компании **Nokia Ab** стала выработка электроэнергии. В начале 1960-х годов компания сливается с финским кабельным заводом **Rubber Works** и начинает свою деятельность по производству кабеля, электроники, шин и резиновой обуви. Тогда же был создан департамент электроники, заложивший основу телекоммуникационного будущего Nokia. В 1967 Nokia создает подразделение по информатике и системам связи и сосредотачивается на разработке информационных систем, а затем – персональных компьютеров и мобильных телефонов.

В 1984 году компания выпускает Mobira Talkman – один из первых переносных телефонов, вес которого составлял 4,7 кг. В 1987 году компания представляет телефон **Mobira Cityman**, который уже можно было носить в руке (вес составлял 760 граммов). Мобильные телефоны Nokia стали крайне популярны, когда была сделана фотография М. С. Горбачёва, звонящего из Финляндии министру связи в Москве по телефону Mobira Cityman.

В 1992 году Nokia представляет первый в мире телефон стандарта **GSM** и становится ведущим разработчиком GSM – мобильных сетей второго поколения. Тогда же слоганом фирмы стала фраза «Connecting people» («Соединяя людей»). В 1994 году появляется характерный рингтон Nokia tune.

К 2013 году испытывающая финансовые трудности Nokia продала свой мобильный бизнес компании Microsoft, ставший частью Microsoft Mobile, нового дочернего предприятия Microsoft, базирующегося в Финляндии.

5 января 2016 года Nokia приобрела производителя оборудования связи и поставщика облачных услуг фирму Alcatel-Lucent и сегодня продолжает разрабатывать и продавать **оборудование для сетей GSM**, системы беспроводной связи и другое телекоммуникационное оборудование, развивает свои сервисы, в частности картографический бизнес, получает деньги за использование патентов. Оборот фирмы Nokia за 2016 год составил 23.61 млрд евро.





## Ларс Магнус Эрикссон (1846–1926)

Шведская компания **Ericsson** – один из мировых лидеров в области телекоммуникационных технологий. А начиналась ее история в 1876 году, когда шведский электротехник **Ларс Эрикссон** со своим товарищем **Карлом Андерссоном** основывает в старом амбаре электромеханические мастерские «LM Ericsson & Co», занимающиеся ремонтом телефонных аппаратов и сигнального оборудования. А уже в 1878 году Ericsson впервые в мире выпускает телефоны с единой трубкой, содержащей звукоприемную и звукопередающую часть. С 1881 года компания выходит на мировой рынок, а в 1890-х годах заключает ряд крупных контрактов в Российской империи: в 1893 году телефонизируется Киев, в 1896 – Харьков и другие города.

В течение всего XX века компания расширяла ассортимент выпускаемой продукции. В 1923 году были внедрены первые автоматические коммутаторы на 500 узлов, в 1950 году телефонная станция LM Ericsson дает возможность выполнить **первый в мире международный вызов**, в 1968 вводится в действие первая цифровая АТС. К 2000 году Ericsson становится ведущим мировым поставщиком систем мобильной связи 3G, а доля рынка мобильной связи составляла 10 % (43.3 миллиона телефонов).

В 2001 году Ericsson вместе с японской компанией Sony выступила учредителем компании по производству сотовых телефонов **Sony Ericsson**. Однако, несмотря на успешные продажи некоторых моделей, объединенное предприятие несло значительные убытки, и в 2011 Sony выкупила компанию, объявив о том, что новая продукция будет выпускаться под брендом Sony.

Сегодня компания специализируется на производстве оборудования для сетей беспроводной связи, в том числе транспортных и радиорелейных сетей, маршрутизаторов, предлагает технологии мобильной связи и мобильного широкополосного доступа в Интернет. На оборудовании компании построены сети связи в 180 странах мира. Ericsson также играет важную роль в формировании отраслевых стандартов – от **Bluetooth** и GSM до LTE. Вместе с европейскими сотовыми операторами Ericsson развернула первые 3G и LTE сети, высокоскоростные широкополосные сети WCDMA, HSDPA и HSPA. По итогам 2016 года компания Ericsson занимала второе место в мире по объему продаж телекоммуникационного оборудования (\$ 28 млрд).



Томас Альва Эдисон  
(1847–1931)



ющих американского образа жизни), первые в США радио- (1922), и теле- (1928) передачи, **звуковое кино** (1926), **FM-вещание** (1940), автоматическая стиральная машина (1947), резина Lexan, которой были оснащены скафандры космонавтов, высадившихся на лунную поверхность в 1969 году (1953), **искусственные алмазы** (1955), **галогенные лампы** (1956).

В настоящий момент компания производит нефтегазовое и энергетическое оборудование, в том числе турбины, медицинские приборы, тепловозы, дизельные и реактивные двигатели, источники света и бесперебойного питания, электробытовые приборы и многое другое. Корпорация также оказывает финансовые услуги, владеет средствами массовой информации, разрабатывает технологии переработки промышленных отходов. Штат сотрудников компании насчитывает более 300 000 человек, работающих в 175 странах мира. Оборот General Electric за 2016 год составил \$ 123.7 млрд.

Американская многоотраслевая корпорация **General Electric (GE)** была основана в 1878 году знаменитым изобретателем **Томасом Эдисоном** под названием Edison Electric Light Company. В 1889 году компания была переименована в Edison General Electric Company. Компания выпускала разнообразные электротехнические изделия: электрогенераторы, счетчики электроэнергии, кабели, предохранители, электролампочки и другие электроприборы.

После объединения в 1892 году с компанией «Томсон-Хьюстон электрик» получила своё современное название. В 1900 году General Electric учредила первую научно-техническую лабораторию, что позволило ей постоянно совершенствовать технологии и оптимизировать производство. Вот далеко не полный перечень изобретений и промышленных разработок, которые в лабораториях General Electric были изобретены либо усовершенствованы и сделаны рентабельными для массового выпуска: **тостер** (1905), вольфрамовая нить для лампочки (1910), (правда, патент на ее использование в лампах накаливания компания купила у русского изобретателя А. Н. Лодыгина в 1906 году), **холодильник** (1917), именно GE сделала этот прибор одной из главных составля-

# Honeywell



Альберт Батс  
(1849–1905)



Марк Чарльз Хоневелл  
(1874–1964)

История компании **Honeywell** началась в 1885 году, когда сын швейцарского иммигранта **Альберт Батс** изобрел в Миннеаполисе, США, **устройство для автоматического регулирования температуры** в помещениях жилых домов и основал фирму Butz Thermo-Electric Regulator Company. Когда комната охлаждалась до заранее заданной температуры, термостат замыкал электрическую цепь, что обеспечивало подачу воздуха в печь, усиление пламени и повышение температуры в комнате.

В 1904 году молодой инженер **Марк Хоневелл** организовал компанию Honeywell Heating Specialty Co, выпускающую тепловые генераторы для нагрева воды. В 1927 году произошло слияние фирмы, основанной Батсом, и фирмы Хоневелла. Новая компания получила название Minneapolis-Honeywell Regulator Co. и поставляла на рынок различные электронные и механические изделия – от часов до пирометров и, главное, системы промышленной автоматики. С 1942 фирма выпускает электронные автопилоты, с 1954 – гироскопы и гирокомпасы, с 1957 – системы сигнализации. В 1960-х фирма Honeywell Inc. выходит на лидирующие позиции на рынке управляющих ЭВМ. В 1969 году с помощью автоматики Honeywell американские астронавты Нэйл Армстронг и Эдвин Олдрин осуществили посадку на Луну.

Сегодня фирма Honeywell занимает первое место в мире по производству **систем управления технологическими процессами** (27 % мирового рынка). Компания производит также регистраторы для информационно-управляющих систем (20 % рынка), **промышленные компьютеры**, авиакосмическую электронику, **датчики и контрольно-измерительные приборы** и многое другое. Оборот фирмы Honeywell за 2016 год составил \$ 39.3 млрд.



Джордж Вестингауз  
(1846–1914)

В 1886 году американский инженер и предприниматель **Джордж Вестингауз** создал одну из крупнейших мировых корпораций – **Westinghouse Electric & Manufacturing Company**.

Первоначально Джордж Вестингауз занимался механизацией железных дорог. Он изобрел ряд удачных конструкций тормозов для транспортных средств (усовершенствованные версии тормозов Вестингауза используются и сегодня). Доходы от продажи тормозов своей конструкции Вестингауз вложил в основанную им электротехническую компанию.

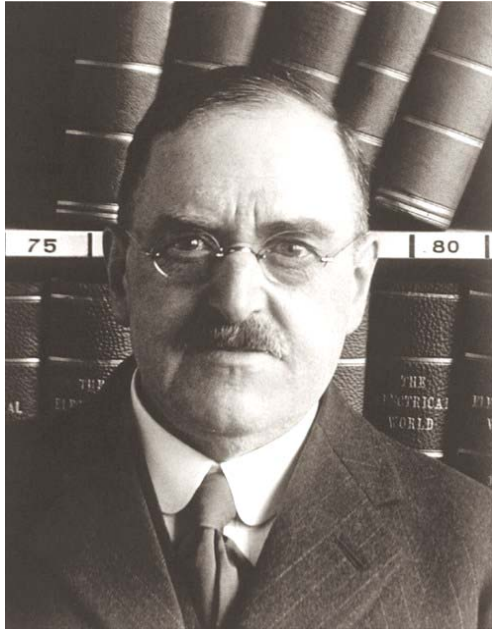
В 1886 году фирма Вестингауза начала выпускать электрические лампы и различное электротехническое оборудование, превратившись вскоре в крупную компанию с множеством заводов. Видя, в отличие от Т. А. Эдисона, преимущества систем переменного тока, Вестингауз на своих предприятиях внедряет энергетическое оборудование **переменного тока**.

Развитию фирмы очень способствовали деловые и личные отношения Вестингауза с выдающимся изобретателем **Н. Теслой**, у которого фирма купила около 40 патентов, в том числе – на двухфазный электродвигатель переменного тока. Работая в компании Вестингауза, Тесла предложил стандарт промышленной частоты – 60 Гц, который и по сей день принят в США.

По приобретении в 1917 году Copeman Electric Stove Company, Westinghouse Electric вошла в индустрию бытовой техники. В 1930-е годы впервые в мире начато производство холодильников с герметичным холодильным агрегатом, бытовых кондиционеров, посудомоечных машин, в 1940-е – автоматических стиральных машин, в 1950-е – холодильников с авторазморозкой.

В настоящее время «Вестингауз» занимается проектированием энергоблоков АЭС, занимая ведущие позиции в мире по производству **ядерных реакторов и топлива для атомных электростанций (АЭС)** (около 20 % всех мировых поставок тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ)). С 2011 года компания поставляет ТВЭЛ на ряд атомных электростанций Украины.

В 1994 году было основано предприятие **Вестрон** (г. Харьков, Украина), учредителями которого выступили Westinghouse Electric Company (США) и «Хартрон» (Украина). Вестрон специализируется на выполнении комплекса работ по автоматизированным системам управления технологическими процессами, в частности, атомными и тепловыми электростанциями. Системы, разработанные и изготовленные «Вестроном», успешно работают на АЭС Украины и многих других стран.



Жерар Филипс (1858–1942)

История одной из крупнейших сегодня компаний мира в области электроники **Philips** (Royal Philips Electronics of the Netherlands) началась в 1891 году, когда **Жерар Филипс** вместе со своим отцом Фредериком и братом Антоном открыли в городе Эйнховен в Нидерландах небольшую фабрику по производству электроламп с углеродной нитью с численностью персонала 10 человек и производительностью 100–200 ламп в день. Первым коммерческим проектом Philips стал контракт на поставку 50 000 угольных ламп-свечей для хрустальных канделябров царского Зимнего дворца в России.

В 1914 году была открыта исследовательская лаборатория компании, в которой был сделан ряд фундаментальных изобретений. Так, в 1918 году компания представила первую **медицинскую рентгеновскую трубку**, совершившую прорыв в борьбе с туберкулезом. В 1926 году сотрудник Philips **Бернард Теллеген** изобрел **пентод** – радиолампу, обеспечившую резкое улучшение характеристик электронной аппаратуры. В 1960-х годах были разработаны технологии производства **полупроводниковых приборов** с зарядовой связью и технология интегральных схем МОП (металл-окисел-полупроводник с защитным слоем оксида кремния). В 1963 году была выпущена первая в мире **аудиокассета**, которая на протяжении 35 лет была наиболее популярным звуковым носителем. В 1972 году Philips выпустил первый в мире домашний видеомаягнитофон. В 1980 году компаниями Philips и Sony был разработан и представлен **компакт-диск**, и за последующие 25 лет в мире было продано более 200 млрд CD. В 2000-м году компания Philips представила **DVD+R-диск**, позволяющий записывать аудио-, видео- и текстовую информацию объемом, превосходящим CD-ROM в семь раз.

Сегодня Philips является ведущей компанией в области цифровых технологий, сосредоточив усилия в трех основных направлениях – медицинском оборудовании, светотехнике и электробытовых товарах, в частности электробритвах. Оборот фирмы Philips за 2016 год составил 24.51 млрд евро.

Корпорация **Rockwell Automation** является одним из ведущих мировых производителей и поставщиков средств промышленной автоматизации. Компания была первоначально основана в 1903 году **Линдом Брэдли** и доктором **Стэнтоном Алленом** как **Compression Rheostat Company** с начальными инвестициями \$ 1000. В 1910 была переименована в **Allen-Bradley Company**.

Первым успешным продуктом компании был выпущенный в 1904 году контроллер двигателя для промышленных кранов. С 1940-х годов компания **Allen-Bradley** окончательно сосредоточилась на выпуске промышленных контроллеров и различных электрорадиокомпонентов и стала одним из лидеров в этих областях. Так, термин «Программируемый логический контроллер» предложил **Одо Джозеф Страгер**, сотрудник **Allen-Bradley**. Компания принимала активное участие в исследованиях по программе «Спейс шаттл» и разработках многоразовых космических кораблей.

В 1985 году **Allen-Bradley** была приобретена за \$1,651 млрд аэрокосмической корпорацией **Rockwell International**, и в 1990 году был сформирован концерн **Rockwell Automation** со штаб-квартирой в **Милуоки, США**.

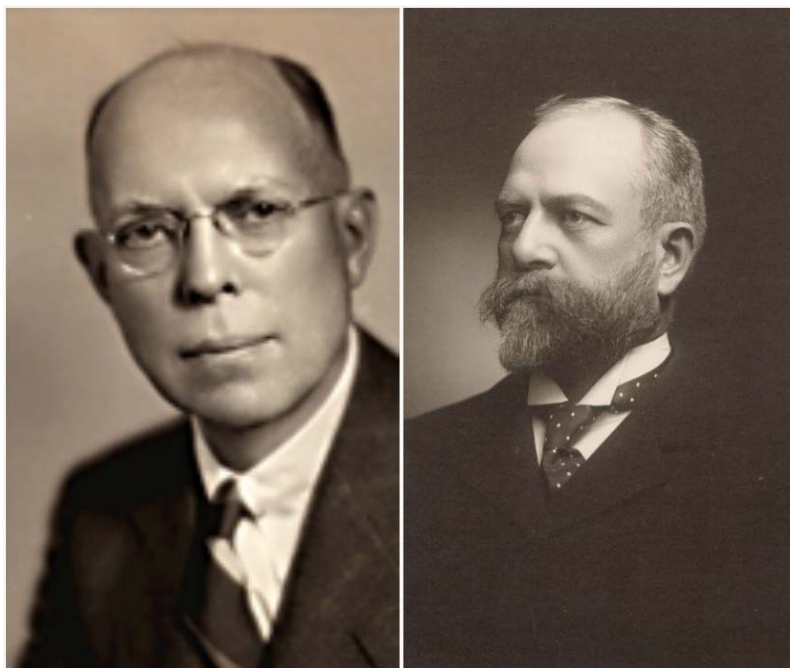
В настоящий момент основу **Rockwell Automation** составляют: фирма **Allen-Bradley**, производящая системы управления и автоматизации (промышленные контроллеры и сети, панели визуализации, частотные приводы, датчики, источники питания, реле, датчики, контакторы), а также **Rockwell Software** (средства программирования контроллеров и разработки SCADA), **Reliance Electric** (частотные приводы и электродвигатели) и **Dodge** (интеллектуальные механизмы). Системы управления **Rockwell** в сегменте устройств с более 500 I/O точек занимают 27,6 % мирового рынка, доля фирмы на рынке программируемых контроллеров – 21,6 % (второе место в мире).

Оборот фирмы **Rockwell Automation** за 2014 год составил \$ 6.62 млрд.

# Rockwell Automation



## Allen-Bradley



Линд Брэдли (1878–1942) (слева)  
Стэнтон Аллен (1859–1916) (справа)



Чарльз Рэнлетт Флинт  
(1850–1934)

К числу крупнейших в мире производителей аппаратного и программного обеспечения относится американская компания **IBM**. А предшественницей IBM была фирма по производству счетно-аналитических машин **TMC (Tabulating Machine Company)**, основанная в 1896 году американским инженером **Германом Холеритом**. Основным продуктом компании были разработанные Холлеритом табуляторы, использовавшиеся для переписи населения уже с 1890 года.

В 1911 году произошло слияние TMC с компаниями ITRC и CSC, в результате которого на свет появилась корпорация **CTR(Computing Tabulating Recording)**, возглавляемая предпринимателем **Чарльзом Флинтом** и производившая, помимо перфокартных и счетных машин, также системы для учета рабочего времени, весы, различное электрооборудование. В 1917-м компания обрела современное название – **IBM (International Business Machines)**.

В 1943 году компания производит первый в США электромеханический компьютер – знаменитый **Mark I**. В 1952 году **IBM** выпускает свой первый компьютер на радиолампах – **IBM 701**, а в 1959 году – первые компьютеры, построенные на полупроводниках. В 1964 году IBM начинает выпуск семейства совместимых по программному обеспечению машин **System/360**. С этого момента в обиход IT-специалистов надолго вошел термин «IBM-совместимый». В 1970-х – 1990-х годах в СССР широкое распространение получила единая серия компьютеров **ЕС ЭВМ**, программно- и аппаратносовместимая с машинами серий IBM System/360 и System/370.

При этом IBM постоянно предлагала технические решения, впоследствии широко используемые в вычислительной технике: в 1955 году – запоминающее устройство на магнитных сердечниках, в 1962 – устройство хранения данных со съемными магнитными дисками, в 1966 – технологию динамических ОЗУ, в 1971 году – флоппи-диск, а в 1973 – жесткий диск (винчестер).

А в 1981 году появился, пожалуй, самый важный продукт компании – персональный компьютер **IBM PC** с процессором Intel и операционной системой Microsoft DOS, положивший начало эпохи архитектуры PC.

Сегодня компания занимается производством суперкомпьютеров и серверов, процессорами и программным обеспечением. Очень важную часть работы компании составляют научные разработки и консалтинг. Оборот компании IBM за 2016 год составил \$ 79.919 млрд.



Коносуке Мацусита  
(1894–1989)

# Panasonic

**Panasonic Corporation** – крупная японская корпорация, один из мощнейших в мире производителей бытовой техники и электронной аппаратуры.

А началось все в 1918 году, когда начинающий бизнесмен **Коносуке Мацусита** решил основать фирму по производству электрических патронов собственной конструкции, первоначально получившую название **Matsushita Denki**. На первых порах дела фирмы шли неудачно – для сохранения предприятия пришлось заложить личные вещи, вплоть до кимоно жены. Успех пришел, когда Мацусите удалось получить от компании Kawakita Electric заказ на партию подставок для вентиляторов. К концу 1920 годов у него было уже восемь заводов, выпускающих

продукцию под торговой маркой **National**: штепсели, провода, электролампочки, фонари, велосипедные фары, электронагреватели, утюги. А в 1931 году на рынке появился первый радиоприемник National.

В 1952 году Мацусита заключает соглашение с голландской фирмой Philips, полупроводниковые приборы которой становятся основной элементной базой для большинства электроприборов Matsushita, разработанных в 1950–1960-х годах. В том же 1952 году Matsushita Electric выпустила первый в мире серийный телевизор с прямоугольным кинескопом. В 1955 году появляется торговая марка **Panasonic**, что в переводе с греческого означает «весь звук», а затем и слоган Ideas for life («Идеи для жизни»).

Логотип компании появляется на многих принципиально новых изделиях. В 1977 году Panasonic выпустил свой первый видеомаягнитофон для кассет VHS (этот формат был разработан годом ранее фирмой JVC, которая с 1960-х годов принадлежала Panasonic). Специалисты компании разработали многие аспекты ключевых технологий, использовавшихся в DVD. Благодаря Panasonic мир увидели первые **пишущие DVD-плееры**, **SD-карты флэш-памяти** и многое другое. Panasonic является пионером в использовании хладагентов, не разрушающих озоновый слой (1995 год).

Сегодня под маркой Panasonic выпускается самая разнообразная электроника – от стереосистем до цифровых видеокамер, от велосипедов до фотоаппаратов Lumix и от рисоварок до промышленных роботов. Несмотря на возрастающую конкуренцию со стороны китайских и корейских компаний, Panasonic Corporation входит в десятку крупнейших производителей электроники в мире, а по производству телевизоров занимает четвертое место. Оборот компании Panasonic за 2016 год составил \$ 67 млрд.



Компания **Motorola** была образована в Чикаго в 1928 году братьями **Полом и Джозефом Гэлвинами** под названием «Galvin Manufacturing Corporation». Поначалу продукцией небольшой фирмы были выпрямителе, которые давали возможность радиоприемникам на батареях работать от сети.

Торговый бренд «Motorola» (вероятно, от слов «motor» – автомобиль и «ola» – звук либо от слов «motion – движение, «Victrola» – популярная марка радиоприемников) был представлен в 1930 году в связи с выпуском первого в мире автомобильного радиоприемника, разошедшегося впоследствии тиражом 300 тысяч экземпляров.

В 1940 году специалисты компании разработали переносную радиостанцию – Motorola SCR-300, прозванную «**Walkie-Talkie**» («ходилка-говорилка»), положившую начало целому классу аналогичных устройств.

В 1956 году Motorola выпустила первый радиоприемник на транзисторах и первый в мире **пейджер** – радиоприемник, получающий только адресованные ему сообщения. На космических кораблях Apollo в 1969 году стояло оборудование этой компании, обеспечивающее радиопередачи с Луны.

Motorola была основателем современных систем мобильной связи: в 1973 году появилась первая в мире работающая модель **сотового телефона** Motorola DynaTAC, а первый коммерческий портативный сотовый телефон Motorola DynaTAC 8000X был выпущен 6 марта 1983 года.

Принимала участие Motorola и в разработках микропроцессоров. В 1974 году компания предложила процессор **Motorola 6800**, положивший начало популярному семейству 68XXX. Эти процессоры использовались в различных устройствах – от персональных компьютеров Apple Macintosh и наладонных компьютеров Palm до систем управления Спейс Шаттла.

В 2014 году созданная после разделения компании фирма **Motorola Mobility** отошла к китайскому производителю электроники **Lenovo**.



**MOTOROLA**



Пол Винсент Гэлвин (1895–1959)  
Джозеф Э. Гэлвин (1899–1944)



# TEXAS INSTRUMENTS



Слева направо: Юджин Макдермотт (1899–1973), Сесил Говард Грин (1900–2003), Джон Эрик Джонссон (1901–1995), Патрик Юджин Хэггерти (1914–1980)

История компании **Texas Instruments** – это длинный путь от сейсмических технологий до мирового лидерства в разработке и производстве интегральных микросхем. Основана компания была в 1930 году в Далласе, США, под названием **Geophysical Service Inc. (GSI)** для организации геофизической разведки на основе технологии обработки сейсмических сигналов. Во время Второй мировой войны GSI производила электронику для армии США, а в 1951 году сменила название на **Texas Instruments (TI)** и перешла под управление **С. Грина, Дж. Джонссона, Ю. Макдермотта и П. Хэггерти**.

В 1954 году компания разработала первый в мире серийный транзисторный радиоприёмник, а в 1958 году сотрудник Texas Instruments **Джек Килби** получил патент на **интегральную микросхему**. Микросхемы **транзисторно-транзисторной логики**, разработанные компанией в 1960-х годах, широко применяются в цифровых устройствах и в наши дни. В 1967 году TI представила **ручной калькулятор**, в 1971 году – **однокристалльный микрокомпьютер**. В 1983 году фирма выпустила **процессор для цифровой обработки сигналов TMS32010**, быстро ставший де-факто стандартом для цифровых сигнальных процессоров (**DSP**).

Сегодня TI обеспечивает более половины мирового объема продаж DSP, находящих применение в сотовых телефонах, карманных компьютерах, бытовой технике. Компании принадлежат первые места в мире по производству микросхем для мобильных устройств, модемов, аналоговых микросхем. Кроме того, корпорация производит чипы для компьютерной периферии и бытовой техники, микроконтроллеры со сверхнизким энергопотреблением, занимая четвертое место в мире по общему объему продаж полупроводниковых приборов. Оборот Texas Instruments за 2016 год составил \$ 13 млрд.



Ли Бён Чхоль  
(1910–1987)

В 1938 году предприниматель **Ли Бён Чхоль** начал в корейском городе Тэгу свой бизнес, ориентированный преимущественно на продажу сушеной рыбы, овощей и фруктов в Маньчжурию и Пекин. Компания получила название **Samsung**, что можно перевести как «три звезды» (считается, что Ли Бён Чхоль дал фирме такое название в честь трех своих сыновей).

Первоначально бизнес Samsung основывался на производстве и торговле продуктами питания и текстилем, в 1960-х компания Samsung начала строить корабли, гостиницы, университеты, больницы, заниматься страхованием и средствами массовой информации.

Бизнес компании развивался с переменным успехом (Ли даже угодил в тюрьму по обвинению в даче взяток), пока в конце 1960-х, увидев перспективы этого направления, Samsung не выходит на рынок электроники. В 1969 году совместно с японской компанией Sanyo создается объединение Samsung-Sanyo Electronics, организовавшее выпуск телевизоров. В 1973 фирма начинает выпуск стиральных машин и холодильников, а совместное предприятие превращается в корпорацию **Samsung Electronics**, производящую также микроволновые печи, кондиционеры и другую бытовую технику.

В 1979 году на конвейер вышел первый бытовой видеомэгафон, а несколько позже – многоформатный проигрыватель компакт-дисков. В 1983 году компания выпустила первую модель персонального компьютера – SPC-1000. В 1991-м году разрабатывается первый мобильный телефон Samsung, а в 1999-м – первый **смартфон**. В 1992-м году Samsung начинает разработку и выпуск **микросхемы памяти динамического ОЗУ** емкостью 64 Мб и до сих пор остается одним из лидеров на рынке запоминающих устройств. В 1998-м начинается массовый выпуск цифровых телевизоров, разработанных в исследовательском центре компании.

Сегодня Samsung производит жёсткие диски, оперативную память, жидкокристаллические мониторы и телевизоры, мобильные телефоны (первое место в мире с долей 24,6 % рынка в 2013 году), ноутбуки, принтеры, бытовую технику, средства телекоммуникаций. Одно из подразделений концерна занимается строительством уникальных зданий, им, например, построено самое высокое здание в мире – небоскреб **Бурдж-Халифа** в Объединённых Арабских Эмиратах. Оборот компании за 2015 год составил \$ 167.1 млрд.



Дэвид Паккард (1912–1996)  
и Уильям Хьюлетт (1913–2001)

Компания **Hewlett-Packard (HP)** была основана в 1939 году в Пало-Альто, Калифорния, США, выпускниками Стэнфордского университета **Биллом Хьюлеттом** и **Дэвидом Паккардом**.

Уставной капитал составлял тогда всего \$ 538 и старый сверлильный станок, а первый офис и одновременно мастерская размещались в гараже. Название компании было составлено из фамилий основателей, чья фамилия будет первой, решали с помощью жребия. Первым успехом в бизнесе стал контракт со студией Уолта Диснея, которая для создания мультфильма «Фантазия» приобрела у HP аудиогенераторы в количестве восьми штук по цене \$ 71,50 каждый.

В 1966 году компания выпустила первый в мире **миникомпьютер** – HP 2116. Компьютер обладал 4К магнитной памяти с расширением до 32К и стоил от \$ 25 000 до \$ 50 000 в зависимости от комплектации. Интересно, что в 1970-х годах Северодонецким приборостроительным заводом и Киевским заводом ВУМ выпускались миниЭВМ **М-6000** и **М-7000**, у которых базовая система инструкций процессора и структура операционной системы были сходны с архитектурой миниЭВМ HP 2116.

В 1968 году по инициативе Хьюлетта компанией разработан первый в мире **настольный научный программируемый калькулятор** – HP 9100А, а в 1972 году создан первый в мире **научный карманный калькулятор** HP-35. HP стала пионером и на рынке принтеров, выпуская струйные и лазерные принтеры, в частности **HP LaserJet**. В 1986 году компания предложила архитектуру процессора **RISC** (англ. *reduced instruction set computer* – «**компьютер с сокращённым набором команд**»), обеспечивающую увеличение быстродействия процессора за счёт упрощения инструкций.

В 2002 году корпорация объединилась с компанией **Compaq**, став лидером по продаже персональных компьютеров (второе место среди производителей ПК в 2016 году с долей около 19 % мирового рынка). Сегодня HP выпускает линейки принтеров, сканеров, калькуляторов, смартфонов, серверов, компьютеров, сетевое оборудование. Совокупная выручка компании по итогам 2015 года составила \$ 103.4 млрд.

# SONY

Корпорация **Sony** была основана в 1946 году в Токио, Япония, физиком **Акио Моритой** и инженером – предпринимателем **Масару Ибукой**. В самом начале она называлась «Токё цусин когё кабусики – гайся» (Токийская телекоммуникационно – промышленная компания). Первым продуктом компании была рисоварка с автоматическим выключением, которая, впрочем, не имела коммерческого успеха. Несколько большей популярностью пользовалась выпускаемая фирмой электрогрелка.

В 1949 году Ибука запатентовал магнитную ленту для записи звука. Для ее изготовления использовали пластиковую пленку, кото-

рую нарезали узкими длинными полосами и вручную покрывали особым составом (первоначально использовалась даже бумага, покрытая рисовым отваром с оксидом железа). Затем компания выпустила магнитофон G-Туре, громоздкую коробку весом 35 кг, послужившую прообразом современных аудиосистем.

В 1950 году родилось нынешнее название «Sony», происшедшее от латинского *sonus* («звук») и английских слов *sunny boys* («солнечные ребята») и *sonny* («сын»). В 1955 был выпущен **транзисторный радиоприемник TR-55**, а затем – первый миниатюрный приемник TR-63, принесший компании известность. Его главными достоинствами были компактность и возможность работы от батареек, что достигалось благодаря приобретению фирмой Sony патента на транзистор у американской компании «Western Electric». Поскольку приемник не помещался в обычный карман, фирма организовала выпуск специально сшитых рубашек, в карманы которых гаджеты помещались.

В 1979 году появляется первый образец **портативного аудиоплеера Walkman**. В 1981 году Sony производит **дискету** диаметром 3½" (90 мм), а в 1983 – первые **компакт-диски** (совместно с компанией Philips). В 1994 корпорация представила игровую консоль PlayStation. С 1989 года после приобретения звукозаписывающей компании CBS Records Inc. и киностудии Columbia Pictures фирма Sony вышла и на рынок теле- и кинопродукции.

С 2001 года Sony занимается производством мобильных телефонов, смартфонов и планшетов (в 2001–2011 годах – совместно со шведской компанией Ericsson). Оборот компании за 2016 год составил \$ 68 млрд.

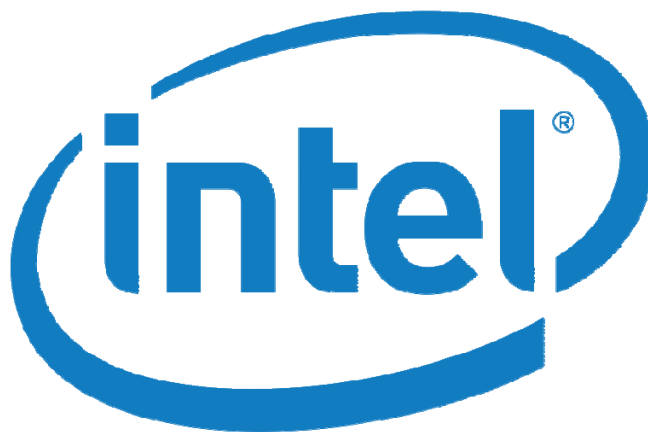


Акио Морита (1921–1999) (слева)  
и Масару Ибука (1908–1997) (справа)

Одна из самых известных ныне компаний – производителей электронных устройств **Intel Corporation** была образована в 1968 году. Основали фирму американские инженеры **Роберт Нойс** и **Гордон Мур** (автор так называемого **закона Мура**, согласно которому количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца), входившие в число группы молодых инженеров, организовавших в 1957 году фирму **Fairchild Semiconductor** и наладивших производство кремниевых интегральных схем. Позднее к ним присоединился менеджер **Эндрю Гроув**, ставший в 1979 году президентом компании. Название компании было составлено из слов «integrated electronics» (интегрированная электроника).

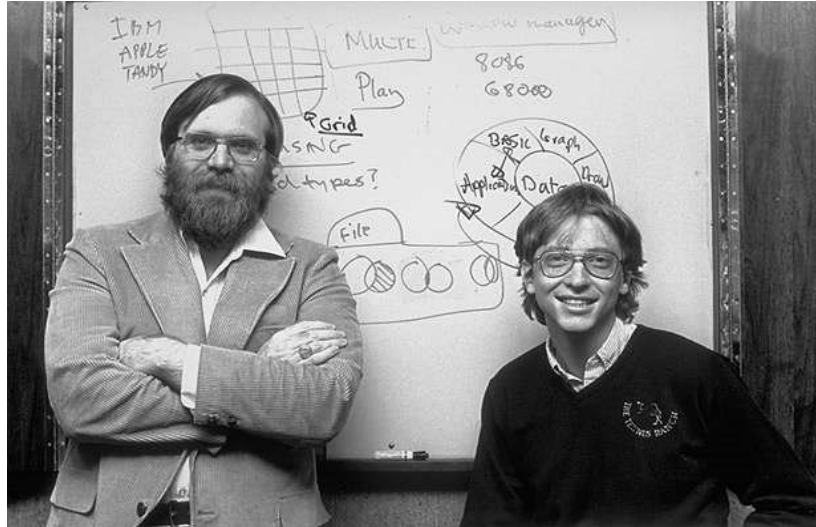
Первоначально Intel сконцентрировался на выпуске **микросхем памяти**, что позволило стабилизировать финансовое положение компании. Но настоящий успех пришёл в 1971, когда сотрудник Intel **Эдвард Хофф** предложил использовать в настольных калькуляторах один центральный процессор вместо нескольких микросхем. Так появился первый в мире микропроцессор **Intel 4004**. Фирма смогла оценить возникающие в связи с этим изобретением перспективы, и уже в 1972 году появился восьмибитный микропроцессор **8008**, в 1974 – процессор **8080**, ставший на то время отраслевым стандартом, в 1978 – шестнадцатиразрядный процессор **8086**, положивший начало линии 80 × 86, в 1993 – процессор **Pentium**.

Сегодня компания Intel – мировой лидер по производству микропроцессоров, занимающая около 65 % рынка (также первое место на рынке всех полупроводниковых приборов с 14 %). Широкую известность приобрел логотип **Intel Inside**, ставший действенной частью рекламной компании фирмы. Кроме процессоров, компания занимается производством наборов системной логики (чипсетов), материнских плат, маршрутизаторов, ноутбуков и многого другого. Оборот компании Intel за 2016 год составил \$ 59.38 млрд.



Эндрю Стивен Гроув (р. 1936)  
Роберт Нойс (1927–1990)  
Гордон Эрл Мур (р. 1929)

Сегодня корпорация **Microsoft** – общепризнанный мировой лидер в производстве программного обеспечения, предоставлении услуг и разработке Интернет-технологий для персональных компьютеров и серверов, игровых приставок, КПК, мобильных телефонов. Microsoft Corporation – разработчик наиболее широко распространённой на данный момент в мире программной платформы – семейства операционных систем **Windows**.



Пол Гарднер Аллен (р. 1953)  
Уильям Генри (Билл) Гейтс (р. 1955)

А начиналась история мощной ныне корпорации в 1975 году, когда студенты Гарварда **Билл Гейтс** и **Пол Аллен**, раз-

работали интерпретатор языка Basic для недавно появившегося на рынке персонального компьютера Altair 8800 и подписали лицензионное соглашение с производителем об использовании произведенного ими программного обеспечения. Уже 4 апреля 1975 года была зарегистрирована компания Micro-Soft, название которой предложил Пол Аллен, образовав его из первых частей слов «Microprocessor» и «Software» («Микропроцессор» и «Программное обеспечение») (первое время название писалось через дефис).

Настоящий же успех пришел к Microsoft в 1981 году с запуском операционной системы **DOS** для персональных компьютеров IBM PC. В 1985 году Microsoft выпускает свой самый известный продукт – **Microsoft Windows** версии 1.0 – графическую оболочку для PC-DOS, а в 1989 году представляет рынку самый успешный офисный продукт **Microsoft Office**. В 1990 году компания запустила операционную систему Windows 3.0., которая через три года становится самой распространенной операционной системой в мире. В последующие годы были разработаны и представлены рынку различные версии операционной системы Windows – Windows 95 (1995 год), Windows 98 (1998), Windows XP (2001), Windows 7 (2009) и ряд других, применяемых сегодня почти на 90 % всех персональных компьютеров.

Список программного обеспечения, выпускаемого сегодня Microsoft, включает операционные системы, офисные пакеты, интернет-браузеры, средства разработки (**Visual Studio**), игры и многое другое. Помимо этого, компания предлагает игровые приставки Xbox, компьютерную периферию, смартфоны Lumia. Оборот Microsoft за 2016 год составил \$ 89.95 млрд.



Стивен Пол Джобс (1955–2011)  
Стивен Гэри Возняк (р. 1950)

В середине 1970-х в Калифорнии, США, два приятеля – **Стив Джобс** и **Стив Возняк**, собрали свой первый персональный компьютер на базе процессора MOS Technology 6502 с частотой 1 МГц. ОЗУ составляло 4 Кб, а роль корпуса играл деревянный ящик. 1 апреля 1976 года была официально зарегистрирована фирма **Apple Computer, Inc.** (название было выбрано в честь любимого фрукта Джобса).

Первым успешным продуктом новой компании был собранный вручную компьютер **Apple Computer I** – за десять месяцев было продано 175 штук по цене 666,66 долларов. Тогда же компаньоны внедрили известный сегодня каждому логотип в виде надкушенного яблока, разработанный графическим дизайнером **Робом Яновом** (первоначально логотип был цветным).

Первым же массовым персональным компьютером, выпущенным в количестве более 5 миллионов, стал компьютер **Apple II** (1977), выгодно отличавшийся от конкурентов цветной графикой, звуковыми эффектами, встроенным языком программирования Basic, наличием клавиатуры и дисковода.

В 1984 году фирма Apple впервые представила новый 32-разрядный компьютер **Macintosh** на основе микропроцессора Motorola 68 000, положивший начало выпускаемой в течение двух десятилетий линейки компьютеров, оснащенных фирменной операционной системой Mac OS.

В 1985 году компанию покинул Стив Джобс, и к концу 1990-х годов дела Apple резко ухудшились. Ситуацию удалось поправить лишь с возвращением Джобса в 1997 году. В 2001 году Apple представила аудиоплеер **iPod**, в дополнение к которому был создан интернет-магазин по продаже музыки **iTunes**, а в 2007 году компания вышла на рынок мобильных телефонов с сенсорным смартфоном **iPhone**. В 2006 году стали производиться компьютеры на базе процессоров Intel – **iMac** и **MacBook Pro**, а в 2010 – легендарный планшетник **iPad**. Оборот Apple за 2016 год составил \$ 215.63млрд, компания заняла первое место в мире по рыночной капитализации.



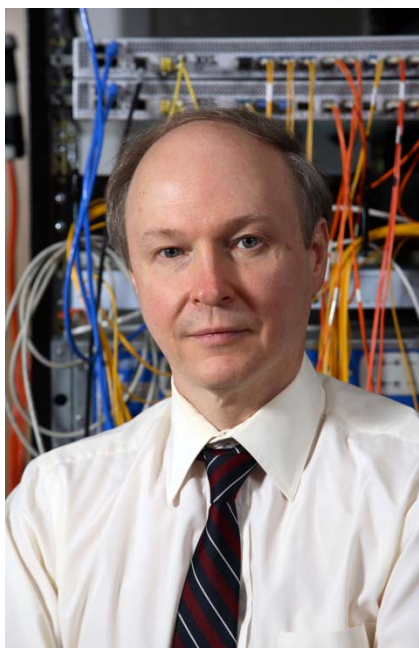
**Cisco** – американская компания, разрабатывающая и производящая телекоммуникационное оборудование. Основали компанию в 1984 году **Леонард Босак** и **Сандра Лернер** – супруги, работавшие в то время в Стенфордском университете. Назвали они свое детище в честь города Сан-Франциско (Cisco – сокращенный вариант названия). В качестве логотипа было выбрано изображение моста в Сан-Франциско, носящего название «Золотые ворота».

Первой продукцией компании был **роутер с поддержкой разных протоколов**. Так, в 1986 году после того как Cisco представила свой **маршрутизатор для пакета протокола TCP/IP**, она стала первой компанией – поставщиком маршрутизаторов мультипротокола на коммерческой основе.

Особенно резко выросли продажи Cisco с начала 1990-х годов в связи с бурным развитием локальных сетей персональных компьютеров, так как маршрутизаторы Cisco смогли поддерживать больше протоколов, чем аналоги других производителей. Приобретение ряда ИТ компаний помогли Cisco получить значительную долю в секторе **DSL и IP-телефонии**, оптоволоконных и беспроводных сетей, программного обеспечения и **облачных систем**.

Основой стратегии Cisco стала многоуровневая система сертификации инженеров по компьютерным сетям, получившая широкое распространение во всем мире. Сетевая академия Cisco работает и в **НТУ «ХПИ»**.

Сегодня Cisco занимает второе место в мире на рынке телекоммуникационного оборудования. Деятельность компании сосредоточена в следующих направлениях: магистральная маршрутизация и коммутация, виртуализация центров обработки данных и облачные вычисления, видеотехнологии, точки доступа Wi-Fi. Оборот компании Cisco за 2017 год составил \$ 48 млрд.



Леонард Босак  
(р. 1952)



Сандра Лернер  
(р. 1955)

Китайская корпорация **Lenovo** – одна из ведущих компаний в мире в области производства компьютерной техники: десктопов, ноутбуков, нетбуков, планшетных компьютеров, смартфонов и КПК. А образована фирма была в 1984 году группой из 11 ученых под руководством инженера **Лю Чуаньчжи** и поначалу называлась **New Technology Developer Incorporated**. Финансированием предприятия занималась Китайская академия наук, а главными направлениями работы компании были поставки компьютерной техники внутри страны и создание кодировок для иероглифов. В 1986 фирма сменила название на более короткое **Legend Group**. Первым успехом предприятия стал выпуск в 1987 году программно-аппаратного комплекса для перевода интерфейсов англоязычных программ на китайский, что открыло дорогу на китайский рынок зарубежному программному обеспечению.

С 1990 году компания начала собирать и продавать IBM-совместимые компьютеры под маркой Legend. В 1995 году Legend представляет первый сервер под своей маркой, а затем выпускает первый ноутбук под маркой ThinkPad. Уже в 1998 году с конвейера сходит миллионный персональный компьютер, а в 1999 году компания становится ведущим производителем ПК в Азиатско-Тихоокеанском регионе, а затем и в мире.

В 2003 году компания сменила название на Lenovo, которое складывается из двух слов – старого названия Legend и Novo, что в переводе с латинского означает «Новый». 2004 год становится знаменательным для компании – **Lenovo** за 1,25 миллиарда долларов выкупает у **IBM** подразделение, занимающееся производством персональных компьютеров – Ноутбуков ThinkPad и настольных ПК ThinkCentre. В январе 2014 года были заключены две новые значительные сделки: между Lenovo Group и корпорацией IBM по покупке у IBM бизнеса x86-серверов ThinkServer за 2,3 млрд долларов и приобретенного у корпорации Google подразделения Motorola Mobility за 2,9 млрд долларов.

Сегодня Lenovo разрабатывает и производит персональные компьютеры, планшеты, смартфоны, серверы и электронные устройства хранения данных, а также смарт-телевизоры и программное обеспечение. Lenovo – производитель персональных компьютеров номер один в мире (около 20 % мирового рынка), и третий по величине производитель планшетов с 6 % рынка. Оборот компании Lenovo по итогам 2016 года составил \$ 43,03 млрд.

# Lenovo



Лю Чуаньчжи (р. 1944)

## Huawei Technologies

**Co. Ltd** – одна из самых больших компаний на рынке телекоммуникаций. Сегодня различными продуктами китайской компании пользуется третья часть всего населения планеты, причем многие даже не подозревают об этом. Масса сотовых операторов применяют оборудование китайского бренда, множество Интернет-сайтов работают именно через серверы Huawei.

У истоков компании, основанной в 1987 году в городе Шэньчжэнь (Китай), стоял бывший офицер китайской Народно-освободительной Армии Жэнь Чжэнфэй. Считается,

что именно он и придумал название фирмы. Название **Huawei** состоит из двух частей, пишется двумя иероглифами и имеет двойной смысл. «Hua» переводится и как «Китай» и как «отличный», «wei» – «достижение» или «действие». Таким образом, **Huawei** можно перевести как «великолепное достижение» или же как «деяния Китая».

Начинало предприятие с производства мини-АТС станций в Гонконге, а в 1992 году был разработан телефонный коммутатор C & C08, самый производительный в Китае к тому моменту. В 1997 году Huawei выходит на международный рынок со своими беспроводными технологиями GSM, CDMA и UMTS. В 2010 году в Гонконге Huawei продемонстрировала образец 700 Мбит/с DSL (семейство технологий, позволяющих значительно повысить пропускную способность абонентских линий телефонных сетей путём использования эффективных кодов и методов цифровой обработки сигналов).

Сегодня Huawei выпускает широкий спектр продукции, в который входит: сетевое оборудование (маршрутизаторы, сетевые коммутаторы, оборудование беспроводных сетей), терминалы, смартфоны (третье место в мире по объему производства, 132.8 миллионов штук в 2016 году, около 9 % рынка), планшеты, специализированное программное обеспечение. Huawei стремится превратить смарт-устройства в интеллектуальные гаджеты, используя свои разработки в области микропроцессоров и облачных технологий.

По итогам 2016 года компания вышла на первое место в мире по выпуску телекоммуникационного оборудования с объемом продаж \$ 75.1 млрд.



# HUAWEI



Жэнь Чжэнфэй (р. 1944)

Основное направление деятельности американской компании **NVIDIA Corporation** – разработка и производство **графических ускорителей и процессоров (GPU)**, а также медиапроцессоров и наборов системной логики (чипсетов).

Основана компания по производству видеокарт была в 1993 году. Создали ее три инженера: **Джен-Сан Хуанг, Крис Малачовски и Кертис Прэм.**

В 1995 году был выпущен первый продукт компании – графический 3D-ускоритель для IBM PC-совместимых машин **NV1**.

Тогда же было предложено и название фирмы. Буква «N» пришла из математики, где обычно она означает натуральное число. «Vidia» – производное от латинского слова «videre» (смотреть, увидеть), и таким образом, название можно перевести как «многократное виденье».

В дальнейшем NVIDIA выпустила целый ряд аппаратных и программных средств для компьютерной графики: в 1999 году – первый в мире GPU для рабочих станций **NVIDIA Quadro** и первый графический процессор для мобильных устройств – **NVIDIA GeForce2 Go**. К 2000 году компанией поставлено на рынок более 100 миллионов графических процессоров, и Nvidia признана самой быстроразвивающейся корпорацией в США.

В 2006 году NVIDIA демонстрирует технологию **CUDA** (англ. *Compute Unified Device Architecture* – унифицированная вычислительная архитектура устройств) – совокупность программных и аппаратных средств, позволяющая производить на графических процессорах Nvidia вычисления общего назначения. CUDA дает возможность программистам реализовывать на специальном диалекте языка программирования Си алгоритмы, выполнимые на графических процессорах NVIDIA. В мире уже работают миллионы GPU с поддержкой CUDA, используемые для решения ресурсоемких задач – от кодирования видео- и аудиосигналов до поисков нефти и газа, вывода медицинских изображений и научных исследований.

Сегодня компания производит широкий спектр продуктов под брендами: **GeForce** (графические процессоры и чипсеты), **Quadro** (видеокарты для профессиональных приложений 2D и 3D) и ряд других. Американский суперкомпьютер **Titan** с производительностью 17,59 петафлопс, который до 2013 года был мощнейшей вычислительной системой в мире, использовал ускорители вычислений **NVIDIA Tesla K20X** с 2688 ядрами CUDA. Оборот корпорации NVIDIA за 2016 год составил \$ 6.91 млрд.



Слева направо: Джен-Сан Хуанг, Крис Малачовски, Кертис Прэм

Кто из многочисленных интернет-пользователей не использовал хоть раз поисковик **Google**? Наверное, таких немного, а глагол «погуглить» уже вошел в орфографические словари.

А создана была поисковая система **Google** и корпорация **Google Inc.** двумя молодыми людьми – родившимся в Москве и эмигрировавшим в пятилетнем возрасте в США **Сергеем Брином** и сыном двух преподавателей компьютерных наук американцем **Ларри Пейджем**.

История компании началась в 1996 году, когда два студента Стэнфордского университета Брин и Пейдж приступили к работе над поисковой системой. Авторы проекта хотели сделать поисковик, который анализировал бы значимость гиперссылок на ресурсы Интернета путем проверки обратных ссылок. Первоначально система была названа BackRub, а впоследствии переименована в Google и стала поисковой машиной университета. 4 сентября 1998 года была зарегистрирована компания **Google**.

Использование термина **Google** отражает попытку организовать огромные объемы информации в Интернете («googol» (**гугол**) – это  $10^{100}$ , то есть число, состоящее из единицы и ста нулей). Согласно воспоминаниям авторов, название «Google» возникло из-за ошибки, которую допустили инвесторы, выписав чек для компании под названием «google» вместо «googol».

Сегодня **Google** занимает лидирующее место в поиске информации. Это **первая в мире по популярности поисковая машина**, обрабатывающая 41 млрд запросов в месяц (доля рынка 62,4 %) и 24 петабайт (1 Петабайт равен  $10^{15}$  байт) пользовательских данных каждый день. Она управляет более чем миллионом серверов в центрах обработки данных, индексирует более 25 млрд веб-страниц, может находить информацию более чем на 200 языках.

Google поддерживает и разрабатывает ряд интернет-сервисов и продуктов: почтовый сервис **Gmail**, браузер **Google Chrome**, мобильную операционную систему **Android**, сервис «Карты Google», видеохостинг **YouTube**, технологию голосового поиска OK Google и многое другое. Основную прибыль компания получает от рекламы, в первую очередь, через свою программу AdWords. Оборот компании Google за 2016 год составил \$ 89,46 млрд.

# Google



Лоуренс «Ларри» Пейдж (р. 1973)  
Сергей Михайлович Брин (р. 1973)

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айзексон У. Инноваторы. Как несколько гениев, хакеров и гиков совершили цифровую революцию / У. Айзексон. – М. : АСТ, 2015. – 830 с.
2. Бесов Л. М. Історія науки і техніки / Л. М. Бесов. – Харків : НТУ «ХП», 2004. – 382 с.
3. Блох А. Нобелевская премия – популярно обо всем / А. Блох. – М. : Буков, 2008. – 154 с.
4. Боякова Т. А. История электротехники и электроэнергетики / Т. А. Боякова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 240 с.
5. Брайсон Б. Краткая история почти всего на свете / Б. Брайсон. – М. : АСТ, 2017. – 608 с.
6. Бусленко В. Н. Беседы о поколениях ЭВМ / В. Н. Бусленко, Н. П. Бусленко. – М. : Молодая гвардия, 1977. – 240 с.
7. Быховский М. А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. История развития электроники в XX столетии / М. А. Быховский. – М. : Либроком, 2012. – 352 с.
8. Быховский М. А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. История телеграфа, телефона и радио до начала XX века / М. А. Быховский. – М. : Либроком, 2013. – 344 с.
9. Дзюбин И. И. Путешествие в страну лилипутов / И. И. Дзюбин. – М. : Знание, 1975. – 160 с.
10. Залманзон Л. А. – Беседы об автоматике и кибернетике / Л. А. Залманзон. – М. : Наука, 1984. – 416 с.
11. Знакомьтесь: компьютер : пер. с англ. ; под ред. В. М. Курочкина. – М. : Мир, 1989. – 464 с.
12. Костылев В. А., Медицинская физика / В. А. Костылев, Б. Я. Наркевич. – М. : Медицина, 2008. – 464 с.
13. Ланина Э. П. История развития вычислительной техники / Э. П. Ланина. – Иркутск : ИрГТУ, 2001. – 166 с.
14. Макаровский Д. Д. История компьютерной эры / Д. Д. Макаровский, А. В. Никонов. – М. : Эксмо, 2016. – 256 с.
15. Малашевич Б. М. 50 лет микроэлектронике. Краткие основы и история развития / Б. М. Малашевич. – М. : Техносфера, 2013. – 800 с.
16. Михайличенко О. В. Історія науки і техніки / О. В. Михайличенко. – Суми : СумДПУ, 2013. – 346 с.
17. Полунов Ю. Л. От абака до компьютера / Ю. Л. Полунов. – М. : Русская Редакция, 2004. – 480 с.
18. Рупташ О. В. Історія науки і техніки : навч.-метод. посіб. / О. В. Рупташ, Т. І. Радзяняк. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 176 с.
19. Тверитникова О. Є. Зародження і розвиток науково-технічної школи електротехніки професора П. П. Копняєва (1885–1950 рр.) / О. Є. Тверитникова. – Харків : НТУ «ХП», 2009. – 212 с.

20. Украинцев Ю. Д. История связи и перспективы развития телекоммуникаций / Ю. Д. Украинцев. – Ульяновск : УлГТУ, 2009. – 128 с.
21. Частиков А. П. Архитекторы компьютерного мира / А. П. Частиков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 384 с.
22. Шилов В. В. Удивительная история информатики и автоматике / В. В. Шилов. – М. : ЭНАС-КНИГА, 2013. – 216 с.
23. Bissell C. C. A History of Automatic Control. Springer Handbook on Automation. – Springer Verlag, 2009, p. 1–17.
24. Ceruzzi P. E. A History of Modern Computing. – The MIT Press, 2003. – 445 p.
25. Corbin A. The Third Element: A Brief History of Electronics. – AuthorHouse, 2006. – 231 p.
26. Huurdeman A. A. The worldwide history of telecommunications. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003. – 638 p.
27. Weinstein S.B. The History of Orthogonal Frequency-Division Multiplexing // IEEE Communications Magazine. – 2009, №11, pp. 26–35.
28. <https://en.wikipedia.org>
29. <https://ru.wikipedia.org>
30. <https://uk.wikipedia.org>
31. <http://all-ht.ru/index.html>
32. <http://chernykh.net/>
33. <http://www.computer-museum.ru/>
34. <http://ds-wordpress.haverford.edu/bitbybit/bit-by-bit-contents/>
35. [http://www.epos.ua/view.php/pubs\\_computer\\_history\\_Ukraine](http://www.epos.ua/view.php/pubs_computer_history_Ukraine)
36. <http://history-computer.com/index.html>
37. [http://www.icfest.kiev.ua/MUSEUM/museum-map\\_r.html](http://www.icfest.kiev.ua/MUSEUM/museum-map_r.html)
38. <http://www.icyb.kiev.ua/?lang=ru>
39. <http://ied.org.ua/ua/history>
40. <http://informat444.narod.ru/museum/>
41. <http://www.ipme.kiev.ua/ukr/history.htm>
42. <http://www.krugosvet.ru/category/razdely/nauka-i-tehnika/>
43. <http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/>
44. <http://www.peoples.ru/technics/engineer/>
45. <https://persons-info.com/persons>
46. <http://ua.uacomputing.com/>
47. <http://vashtehnik.ru/enciklopediya/>
48. <http://www.yorku.ca/lbianchi/sts3700b/info.html>

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Откуда в розетке ток? .....	5
2. Что из чего сделано? .....	30
3. Автоматика на службе человечества .....	62
4. От абака до фейсбука .....	94
5. Поздравляем, Вам письмо... телеграмма... звонок... СМС... e-mail .....	144
6. Электроника на страже здоровья .....	182
7. Компании – локомотивы экономики и прогресса .....	198
Список использованных источников .....	222



Навчальне видання

СОКОЛ Євген Іванович  
ІВАШКО Андрій Володимирович  
КАЧАНОВ Петро Олексійович

**ЭЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА, ИНФОРМАТИКА –  
ЛЮДИ И ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Навчальний посібник  
для студентів спеціальностей, що входять в галузі знань:  
«Інформаційні технології», «Автоматика і приборобудування»,  
«Електроніка і телекомунікації»

Російською мовою

Роботу до видання рекомендував проф. *Клепиков В. Б.*

Редактор *М. П. Єфремова*

План 2018 р., п. 162

Підп. до друку 17.12.2018 р. Формат 70 × 100 1/16. Папір офсетний.  
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 13,2. Наклад 50 прим.  
Зам. № 16. Ціна договірна.

---

Видавець і виготовлювач  
Видавничий центр НТУ «ХП»,  
вул. Кирпичова, 2, Харків-2, 61002

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.