



# Содержание

<b>От издателей серии сборников</b> .....	<b>7</b>
<b>Предисловие</b> .....	<b>8</b>
<b>От автора</b> .....	<b>10</b>
<b>Введение</b> .....	<b>17</b>
<b>Глава 1. Исторические реалии 1960—1980-х годов</b> .....	<b>24</b>
<b>Глава 2. Зарождение электроники</b> .....	<b>46</b>
2.1. Истоки электроники.....	46
2.2. Искровая электроника.....	50
2.3. Этапы (поколения) развития электроники.....	64
<b>Глава 3. 1-е поколение электроники</b> .....	<b>67</b>
3.1. Ламповая электроника.....	67
3.2. Зарождение вычислительной техники.....	76
3.3. Монтаж электронной аппаратуры.....	102
<b>Глава 4. 2-е поколение электроники</b> .....	<b>107</b>
4.1. Полупроводниковая электроника.....	107
4.2. Вычислительная техника 2-го поколения.....	175
4.3. Большая вычислительная система А-35.....	205
<b>Глава 5. 3-е поколение электроники</b> .....	<b>284</b>
5.1. Зарождение и становление отечественной микроэлектроники.....	284
5.2. Вычислительная техника 3-го поколения.....	374
5.3. О причинах остановки проекта 5Э53.....	507
<b>Глава 6. 4-е поколение электроники</b> .....	<b>529</b>
6.1. Микропроцессоры и системы на кристалле.....	529
6.2. Микроэлектромеханические системы (МЭМС).....	582
6.3. Разработка и производство полупроводниковой продукции.....	586
6.4. Вычислительная техника 4-го поколения.....	613

<b>Глава 7. 5-е поколение электроники</b> .....	<b>681</b>
<b>Глава 8. Координация и управление разработками в Минэлектронпроме</b> .....	<b>688</b>
8.1. Система планирования разработок в Минэлектронпроме.....	688
8.2. О пресловутом отставании элементной базы.....	715
<b>Глава 9. О системе поощрения создателей электроники</b> .....	<b>740</b>
<b>Глава 10. Заключение, или три кризиса отечественной электроники</b> .....	<b>751</b>
<b>Приложение 1. Справка о проекте «Алмаз»</b> .....	<b>764</b>
<b>Приложение 2. Доклады о проекте «Алмаз»</b> .....	<b>773</b>
<b>Приложение 3. Об истории отечественной электроники</b> .....	<b>784</b>
<b>Приложение 4. Цитированная Литература</b> .....	<b>795</b>

## ОТ ИЗДАТЕЛЕЙ СЕРИИ СБОРНИКОВ

Группа компаний Синэрджента, организующая издания серии книг-сборников под общим названием «Созидатели отечественной элек-троники» (СОЭ), решила продолжить издание сборников серии «Очерки истории российской электроники», основанной В.М. Пролейко в 2009 г., в издании которых наш представитель активно участвовал.

В отличие от предыдущих, эта книга – монография одного автора, посвященная микроэлектронике, которая с момента своего появления в 1962 г. оказала невиданное ранее революционное влияние на все направления электроники, на все виды техники, на все сферы жизне-деятельности человека. Ни одна из областей науки и техники не оказывала столь стремительного влияния на жизнь человеческого общества, как микроэлектроника. В том числе и отечественная, входившая в тройку мировых лидеров в дореформенный период страны. 50 лет существования микроэлектроники преобразовали индустриальное общество в информационное.

Изделия современной микроэлектроники (микропроцессоры и системы на кристалле) являются синтезом двух направлений в науке и технике: полупроводниковой технологии и системотехники вычислительной техники. Поэтому в книге рассмотрены краткие основы и история развития этих направлений.

Как и все книги серий СОЭ и «очерков», настоящее издание ориентировано на широкий круг читателей, написано понятным языком. Не претендуя на полноту и универсальность, книга характеризуется широтой и глубиной представленного материала, любой читатель найдет в ней много для себя нового. В значительной степени это определяется тем, что автор книги прошел тот же жизненный путь, что и микроэлектроника. Б.М. Малашевич – человек весьма осведомленный, активный участник или свидетель многих из описанных в книге событий.



Бутузов  
Сергей Владимирович,  
президент ГК Синэрджента



Малашевич  
Борис Михайлович,  
главный редактор серии СОЭ,  
сов. президента ГК Синэрджента

Сергей Бутузов

A handwritten signature in black ink, consisting of a horizontal line above a stylized, cursive name.

## Предисловие



Амербаев  
Вильжан Мавлютинович,  
д. т. н., профессор,  
академик НАН РК

Книга «50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития» представляет собой монографию, написанную ветераном отечественной микроэлектроники и вычислительной техники.

В книге современная микроэлектроника рассматривается как высшее на данный момент достижение электроники, имеющее два основных аспекта: технологический и системотехнический. При этом термин «электроника» трактуется в самом широком смысле — от простейших элементов до сложнейших разнообразных систем, в том числе вычислительных.

Технологический аспект — это развитие полупроводниковой индустрии, обеспечивающее возможность реализации в одном полупроводниковом приборе сложных функциональных устройств типа процессоров и систем на кристалле.

Системотехнический аспект — это прежде всего развитие алгоритмов обработки информации, архитектур, структур и схемотехники устройств цифровой вычислительной техники.

Описанию кратких основ и истории развития этих аспектов и их слияния в микроэлектронике и посвящена предлагаемая читателю монография.

Отечественная микроэлектроника, созданная первым поколением работавших в ней специалистов, к которым относится и автор, в дореформенный период входила в тройку мировых лидеров (наряду с микроэлектроникой США и Японии). И это в условиях «холодной войны» и жесткой изоляции от международной кооперации НАТОвским комитетом КОКОМ.

К сожалению, в России имеется острый дефицит общедоступной информации, объективно представляющей достойное прошлое отечественной электроники. В дореформенный период информация о ее научно-техническом уровне, как и об уровне многих других направ-

лений, была в значительной степени засекречена. И тогда общественность о многих наших достижениях и приоритетах не знала, а ныне даже то, что было известно, забывается. Это создает у непосвященных, особенно у молодежи, не знающей жизненных реалий тех времен, ложное представление, что своей электроники у нас никогда не было и быть не может. Что совершенно не соответствует действительности и дает ложные ориентиры на будущее.

Объективную оценку уровню отечественной электроники в 2009 г. дал лауреат Нобелевской премии (за работы в микроэлектронике) Ж. И. Алферов: *«В 1970—1980-е годы существовали только три страны с развитой электроникой: США, Япония и СССР. Но по многим направлениям советская электроника занимала передовые позиции...»*

Монография «50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития» — это первое в стране комплексное издание, ориентированное на широкую читательскую аудиторию. В ней на достаточно популярном языке и с многочисленными иллюстрациями рассмотрены краткие (насколько это возможно в одной книге) основы и история развития полупроводниковой и вычислительной техники от первых изделий, производство которых началось в США и СССР в 1962 г., до сегодняшнего дня.

Особая ценность книги заключается в том, что написана она непосредственным участником событий, в течение многих лет возглавлявшим отраслевое подразделение по координации разработок изделий микроэлектроники и вычислительной техники в Минэлектронпроме СССР и со смежными ведомствами, владеющим объективной информацией на основе личного научно-производственного опыта. К величайшему сожалению, подобных специалистов осталось очень мало. Пройдет еще несколько лет, и рассказать об истории отечественной микроэлектроники будет некому. Это делает книгу «50 лет отечественной микроэлектроники» уникальной и особо ценной и для активно действующих сейчас работников электроники, и для любого гражданина России, интересующегося историей и перспективами отечественной науки и техники. И особенно для молодежи, получающей на основе опыта их дедов и отцов объективные ориентиры для построения своего будущего.

Академик  
Национальной академии наук  
Республики Казахстан



В. Амербаев

## От автора

*Я горячий сторонник истины,  
но отнюдь не желаю быть ее мучеником.*

**Вальтер**

Судьба распорядилась так, что я проработал в зеленоградских СВЦ — СКБ НЦ — НИИ НЦ (претерпевших последовательную реорганизацию) почти весь период их существования. А с 1994 по 2012 г. работал в ОАО «Ангстрем». Я был, в различной степени, либо участником, либо свидетелем многих из нижеописанных событий. О событиях более ранних пришлось узнать уже при подготовке книги от еще живущих их свидетелей и участников, из сохранившихся документов, из публикаций.

В 1997 г., когда шла подготовка к выпуску юбилейного сборника к 40-летию Зеленограда и 35-летию Научного центра, Василий Николаевич Сретенский, активно участвовавший в выпуске юбилейного сборника, просил меня написать о работах в НПО НЦ по вычислительной технике. Но я тогда отказался, считая, что для этого есть более подходящие люди. Прочитав же выпущенный сборник [1], к сожалению, увидел, что история создания ЭВМ в Зеленограде практически не нашла в нем отражения, а из тех крох, что было написано, далеко не все соответствовало действительности. Прошло еще пять лет, многих из тех, кто мог бы написать эту историю, не стало, и на предложение о подготовке материала в сборник к 40-летию Научного центра (готовился параллельно со сборником, посвященным 45-летию города) я согласился. Так была начата работа, к сожалению не воплощенная в жизнь: сборник об НЦ так и не вышел. Однако работа захватила меня, и я решил продолжить ее.

В период с середины 1976 г. и до ликвидации Минэлектронпрома СССР в 1992 г. я возглавлял отраслевую службу (лабораторию, потом отдел) по координации разработок микропроцессорных средств вычислительной техники (аппаратура и программное обеспечение) и микропроцессоров (микроэлектроника). Поэтому, начав с истории

зеленоградской вычислительной техники, я не мог не заняться и вопросами истории микроэлектроники. Тем более что на моих глазах и при моем участии они слились воедино. Микроэлектроника стала новым поколением технологии производства вычислительной техники. Постепенно микроэлектроника превратилась в главного героя моих исторических изысканий. По этой причине именно микроэлектроника вышла в заголовок этой книги.

В процессе работы над историей вычислительной техники и микроэлектроники я столкнулся с необходимостью определиться с самим понятием «история». В общебытовом понимании история — это изложение хода событий так, как оно было на самом деле. В ходе работы я понял, что такое изложение практически невозможно. Как минимум, по трем причинам.

Во-первых, участник или свидетель событий даже в момент их свершения, как правило, никогда не знает всех тонкостей и подробностей и самих событий, и побудительных причин, и интересов и действий их участников, и массы других аспектов. На тот момент написания я работал в ОАО «Ангстрем» и находился в десятке-двадцатке наиболее осведомленных лиц. И постоянно обнаруживал ограниченность своих знаний происходящих событий. Следовательно, свидетельства даже участников событий, даже в момент их свершения, никогда не бывают абсолютно точными.

Во-вторых, память человека не совершенна. И по истечении времени он многое забывает. И рассказывая по прошествии многих лет о событиях, участником или свидетелем которых был, автор невольно вносит искажения.

В-третьих, у каждого человека имеется личное отношение к событиям, личные интересы, которые также сказываются на изложении им прошедших событий, либо произвольно (заблуждение), либо осознано (откровенная ложь и подтасовка фактов, что, к сожалению, не редкость).

Таким образом, любая история относительна, в различной степени приближена к реально происходившим событиям, но никогда точно им не соответствует. Поэтому под историей, как представляется, следует понимать общепринятое толкование происходивших событий, изменяемое со временем в соответствии с духом этого времени.



*Увидев звезду, присмотришься.  
Возможно, это простой светлячок.  
Или гнилушка. Они тоже светятся.*

В ходе работы мне пришлось прочитать немало воспоминаний бывших руководителей предприятий, крупных ученых и руководителей или причисляющих себя к таковым (по мере ухода из жизни истинных творцов из разных щелей вылезают герои мнимые, и их становится все больше и больше). Во многих из публикаций нередко проявляются личные амбиции: в различной степени гиперболизируется роль автора и принижается роль предшественников и коллег, все достижения коллективов часто объясняются личной ролью автора, а недостатки — бездарностью других.

В результате я пришел к выводу, что наиболее объективное описание событий может дать человек, находящийся в самой их гуще, обладающий информацией, но не относящийся к высшему руководству и не претендующий на роль великого ученого и организатора. Он свободен от личных амбиций, ему не нужно доказывать личную исключительность и определяющую роль в истории, т. е. человек вроде меня.

*Я думаю, мы должны говорить правду  
или хотя бы говорить то, что мы думаем.*

**Юрий Лужков**

Однако объективность — вещь далеко не объективная. У каждого своя правда. И каждая правда имеет право на существование, если она соответствует вышеприведенной фразе Ю. М. Лужкова, подсмотренной в одной из газет. В этой фразе заложена глубокая мысль о многоликости и относительности правды, абсолютной правды не бывает, она всегда ограничена мерой информированности и мерой понимания носителя правды. Но она допускает наличие искренних заблуждений, именно из-за них правда у каждого своя. Правда не допускает только сознательной лжи, подтасовки фактов и их толкований. Тогда это не правда, и ее в книге нет, я старался, чтобы не было. В книге изложена моя правда, причем за время работы над книгой, по мере ознакомления со многими фактами, документами, мнениями и толкованиями участников и свидетелей событий, моя правда претерпела серьезные изменения. В книге — итог этой трансформации. И совер-



шенно естественно, что многим моя правда не понравится, многие с ней не согласятся. Это неизбежно. И это нормально. Никто им не мешает изложить свою версию правды. Это их право. Было бы желание.

Приступая к работе, я не представлял всех ее трудностей. Много забыто, многие документы и архивы варварски уничтожены «иванами, не помнящими родства» (писать этих иванов с большой буквы не хочется), многих участников событий либо уже нет, либо они недоступны. Я встретился со многими людьми, ознакомился с сохранившимися документами. Кое-какую информацию получил из Интернета, но про дела отечественной микроэлектроники и вычислительной техники там ее до обидного мало. Я старался изложить события объективно, так, как они происходили, минимизируя, насколько это возможно, личное отношение к ним. Именно поэтому текст написан в основном в повествовательной форме и изобилует цитатами. Я также стремился, насколько это теперь возможно, по каждому событию привести фамилии и фотографии людей, принявших в нем наиболее активное участие. Насколько я помню или насколько мне удалось узнать.

*Звезда — это солнце.  
А значит, не без пятен.*

Однако пожелание объективности привело к необходимости упоминать о нелицеприятных поступках некоторых известных и уважаемых людей: академиков, главных конструкторов, руководителей и высших чиновников, лауреатов премий и кавалеров орденов. Многие из них немало доброго сделали для страны, для дела, для коллег. Но, к величайшему сожалению, не только доброго. И на Солнце бывают пятна. И Луна иногда заслоняет Солнце. А уж если Звезда двойная, то ее Солнца часто затмевают друг друга. Среди людских Звезд еще сложнее. Немало их грубо топталось по людскому «млечному пути», давя коллег-соперников. У многих есть причины для бессонных, в муках совести, ночей. Но такова жизнь. А передо мною встала трудная задача — как поступать с негативной информацией, которой оказалось довольно много? Делать вид, что ее не было, как поступают многие авторы? Или не церемониться и писать все, как было? Но так ли было, как рассказывают люди и говорят документы (правда весьма субъективна, у каждого она своя)? В процессе работы я убедился в не-

обходимости критического отношения к информации. В необходимости все перепроверять. Я долго думал над этой нравственной проблемой и пришел к промежуточному решению. О многих негативных моментах я умолчал, но некоторые не смог обойти, в основном связанные с судьбами талантливых ученых и организаторов Д. И. Юдицкого и Г. В. Кисунько. Исходил я из соображения, что и злые дела великих людей, часто крушивших судьбы не менее великих (а часто более великих, но менее способных на интриги), не должны быть забыты. Это было бы несправедливо к тем, чьи судьбы были разрушены. При этом я, как правило, не называл имена «героев», считая, что по прошествии многих лет это не важно. Но не показать их вредоносных деяний я во многих случаях не мог.

Готовя книгу, я много обращался к Интернету и ужаснулся, какую чушь люди неосведомленные или явные клеветники пишут в нем о прошлом отечественной электроники и вычислительной техники. В нынешних условиях, на фоне подавляющего распространения импортной техники, у многих создается ложное представление о том, что своей электроники у нас никогда не было. А ведь недалеко время, когда наша страна была **единственной в мире**, полностью обеспечивавшей свои (и не только свои) потребности в электронике, причем на техническом уровне, в целом соответствующем мировому (в чем-то отставали, в чем-то соответствовали, в чем-то опережали). И многие годы занимали в мире почетное второе место и в микроэлектронике, и в вычислительной технике. А иногда и первое. Уровень развития советской электроники обеспечивал возможность создания и тиражирования в нужных объемах лучших в мире ракет, самолетов, подводных лодок, мирных ледоколов и атомных станций и многого, многого другого. Было множество открытий и продуктов, сделанных в нашей стране впервые в мире. И это в условиях фактической блокады нашей страны от мировых достижений науки и техники в условиях противостояния двух мировых систем. Поэтому я старался по ходу описания акцентировать моменты, когда мы не отставали или превосходили мировой уровень. Таких моментов было великое множество и упомянутые мною — лишь малая их толика. Эти акценты необходимы не только для правильного понимания прошлого, но и для воспитания молодежи, для будущего страны. Молодежь, воспитанная на импортной технике и считающая, что в их стране своей электроники никогда не было (а именно так ее сейчас фактически и воспитывают),



запрограммирована на преклонение перед импортом и не способна на создание чего-либо нового. А молодежь, знающая о реальных достижениях в электронике своих отцов и дедов, понимающая причины нынешнего отставания отечественной электроники, сможет не только восстановить ее позиции, но и превзойти зарубежных конкурентов.

Исходя из этих предпосылок, я и подбирал материалы для книги. Что-то найдено в документах, что-то вспомнилось, что-то пришлось реконструировать на основе воспоминаний различных участников или свидетелей событий, иногда противоречивых. Естественно, отображены далеко не все события, упомянуты не все их участники, приведены не все факты. Это принципиально невозможно. О том, что получилось, судить участникам событий и читателям. Участники описанных событий, с которыми я встречался при подготовке книги, считают, что в Зеленограде многое сделано в области развития отечественной микроэлектроники и вычислительной техники и соответствующий след в истории должен остаться. К сожалению, этого не сделали те, кто имел на это больше оснований и возможностей, но время упущено, и откладывать дальше уже нельзя.

Читателю предлагаются в основном зеленоградские страницы из истории отечественной микроэлектроники и вычислительной техники, мне хорошо известные. Но были и другие, не менее интересные и драматичные. Только в Минэлектронпроме были ленинградские, воронежские, киевские и другие страницы. А еще были свои страницы в Минрадиопроме, Минприборе и т. п. Я рассказал о том, что лучше знаю.

Я от всей души благодарю за активную помощь в подготовке этого исторического экскурса А. И. Абрамова, В. М. Амербаева, Н. Н. Антипова, М. Н. Белову, В. С. Бутузова, А. А. Васенкова, Н. М. Воробьева, В. Л. Дшхуняна, С. В. Ермакова, Е. И. Жукова, Н. Н. Зубова, В. Н. Лукашова, И. Ф. Казакову, А. К. Катмана, Н. Н. Колобова, В. Г. Коломыца, М. Д. Корнева, Л. С. Кридинера, В. Я. Кузнецова, А. А. Лавренова, В. Ф. Лукина, П. Р. Машевича, В. А. Меркулова, В. Д. Меркулова, П. В. Нестерова, Ю. В. Осокина, Н. К. Остапенко, Ю. Л. Отрохова, А. В. Пивоварова, Ю. С. Полетаева, А. А. Попова, В. В. Пржиялковского, Э. М. Пройдакова, В. М. Пролейко, Ю. В. Рогачева, Л. Г. Рыкова, В. С. Седова, И. П. Селезнева, П. П. Силантьева, А. М. Смагляя, И. Г. Титову, Я. А. Хетагурова, М. М. Хохлова, Р. В. Хорькова, В. С. Черняева, В. Н. Шмигельского, А. А. Шокина,

С. В. Якубовского и многих, многих других участников и свидетелей событий, помогших в подготовке настоящей книги. Их воспоминания и сохраненные ими материалы помогли достовернее отобразить многие события, насколько это возможно по прошествии стольких лет, проиллюстрировать их фотографиями. Особая благодарность А. А. Васенкову и С. В. Якубовскому. Как никто иной, они сохранили огромные личные архивы информации о богатой истории отечественной микроэлектроники, активными участниками которой они были. И охотно делились ею со всеми, интересующимися этой историей.

Эта книга — обобщение итогов более чем 15-летней работы по изучению истории отечественной вычислительной техники и микроэлектроники. К величайшему сожалению, именно на обобщение времени оказалось очень мало, так сложилась ситуация. В результате получилось не совсем то, что хотелось.

Я прошу прощения за неизбежные ошибки и неточности, а также у тех, кого не упомянул, чью роль или позицию не отобразил. В этом не было никакого умысла, просто «нельзя объять необъятное», не нашлось соответствующей информации или подвела память.

С уважением,



Б. Малашевич

## Введение

К началу 1960-х гг. мировая электроника переживала всеобщий кризис — возможности микроминиатюризации радиоэлектронной аппаратуры на основе отдельных дискретных элементов были исчерпаны. Требовались иные технические решения, и они были найдены в США и СССР — микроэлектроника.

В 1962 г. в США и СССР началось серийное производство принципиально нового вида продукции — интегральных схем (ИС), называемых также микросхемами. В США это сделали фирма Fairchild и фирма Texas Instruments (TI), в 1962 г. начавшие серийное производство ИС на основании новых для них технологий. А в СССР — Рижский завод полупроводниковых приборов (РЗПП, позже Промышленное объединение «Альфа»), в том же году начавший производство своих ИС на основе серийной технологии производства планарных транзисторов.

В нашей стране в 1962 г. произошло еще одно важное событие — 8 сентября вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР о развитии отечественной микроэлектроники, о создании ее инновационного центра (Центра микроэлектроники в будущем Зеленограде) и ряда предприятий в других городах страны. С выходом этого постановления началось широкомасштабное развитие отечественной микроэлектроники.

Таким образом, 1962 г. можно считать годом рождения мировой и отечественной **микроэлектроники — отрасли науки и промышленности, занимающейся созданием и тиражированием интегральных схем.**

В 1962 г. мне был 21 год, и я хорошо помню окружавший тогда меня мир. Каким же он был? Почти ничего электронного обычные люди тогда не видели и не знали — все успехи электроники тех лет доставались самым важным оборонным системам, да и там электроники почти не было, сосредоточена она была в основном в связи и радиолокации. Тогда и слова «электроника» еще не было, все это было «радиотехникой». В магазинах можно было встретить ламповые радиоприемники, магнитофоны, первые телевизоры, всё огромных размеров, требующее для своего размещения специальную тумбочку или стол. А цены для большинства людей были недоступны. Основными СМИ

были газеты, радиотрансляционная сеть, кинотеатры и устный «фольклор». Часы были только механические. Домашние телефоны были только у больших начальников. Уличные таксофоны в специальных будках, особенно в периферийных городах, были еще довольно редки. Во всех сферах деятельности человека процветал тяжелый ручной труд, в значительной степени низкоквалифицированный и грязный, в прямом смысле этого слова. Общедоступными средствами «вычислительной техники» были логарифмическая линейка для инженеров, счеты для продавцов и бухгалтеров, механический арифмометр «Феликс» для сложных вычислений. Для остальных — пальцы, карандаш и бумажка. Компьютеры (тогда их у нас называли «электронные вычислительные машины» — ЭВМ) уже были, но общее количество их в стране измерялось десятками, и они были огромными — занимали большие машинные залы. Обычные люди ни компьютеров, ни результатов их работы не видели. На передовых производствах были зачатки простейшей механической и электромеханической автоматизации. На железных дорогах, особенно на периферии, основными локомотивами были паровозы и тепловозы. На самолетах летали в основном большие начальники и элита, остальным это было не по карману, да и мало еще было самолетов. Слов «электроника», «калькулятор», «компьютер», «мобильник», «флешка», «плеер», «навигатор» и многих подобных, ныне повседневных, не знали не только мы — молодежь, но и окружающие нас взрослые.

Сравните эту картину с сегодняшним днем — ведь это совершенно разные миры. Разница между ними многократно больше, чем между временами Юрика и последнего Романова. Но там более 1000 лет, а здесь — 50. Что же вызвало столь взрывное развитие науки и техники, всей человеческой цивилизации? Ответ однозначен — это создание малюсенького кристаллика интегральной схемы, объединяющей сначала несколько элементов, затем десятки, сотни, тысячи, миллионы... То есть создание микроэлектроники.

В этом невиданном ранее влиянии на темпы развития науки и техники, на все сферы жизнедеятельности человека — исключительная фундаментальная роль микроэлектроники, выделяющая ее из сонма других отраслей науки и техники. Ни одна из них не оказала столь революционного и столь стремительного влияния на развитие человеческого общества, как микроэлектроника. Популярные ныне информационные технологии появились исключительно благодаря



микроэлектронике, без нее они были бы невозможны. Сам термин «информатика» появился только после того, как микроэлектроника сказала свое слово.

**Из сказанного очевидно, что микроэлектроника — особая, фундаментальная область науки и техники, определяющая уровень развития других отраслей науки и техники, определяющая уровень развития цивилизации.**

В 2012 г. мировой и отечественной микроэлектронике исполнилось 50 лет. К величайшему сожалению, это событие прошло незамеченным неблагодарной мировой и отечественной общественностью. А ведь поколение специалистов в мире и в нашей стране, те, что уже ушли из жизни, и те немногие, что еще среди нас, безусловно, достойны того, чтобы потомки в день юбилея вспомнили их и оценили их подвиг. Подвиг, который обеспечил потомкам значительно более высокий уровень и более высокое качество жизни, чем это было бы без этого подвига. Но не вспомнили (не знаю, как в мире, но в России напоминали), не оценили (у нас проигнорировали). Своим невниманием и пренебрежением человечество и российское руководство показали, что они недостойны подвига своих Отцов и Дедов.

Говоря о микроэлектронике, необходимо отметить, что она имеет два основных аспекта:

- технологический;
- системотехнический.

Основой технологического аспекта микроэлектроники является планарная полупроводниковая интегральная технология, позволяющая в едином многоступенчатом технологическом процессе создавать и множество элементов одного изделия, и множество изделий. Со все уменьшающимися по мере развития размерами элементов и со все увеличивающимся количеством элементов в изделии и количеством одновременно изготавливаемых изделий. Первые ИС содержали несколько элементов или несколько их десятков. В настоящее время — это миллионы элементов в одной ИС.

Основой системотехнического аспекта микроэлектроники является функция, выполняемая ИС. В этом аспекте микроэлектроника имеет многолетнюю предысторию и огромный научно-технический задел в аппаратостроении. По существу, микроэлектроника дала возможность в виде ИС делать те функциональные устройства, которые ранее делались в виде печатной платы, блока, стойки, комплекса.



Но функциональные устройства делались на основе транзисторов (еще ранее — электронных ламп) с применением резисторов, конденсаторов, линий задержки и других дискретных пассивных элементов. Первые ИС делались так же, появились специальные термины: ДТЛ (диодно-транзисторная логика), ДРЛ (диодно-резистивная логика), РТЛ (резистивно-транзисторная логика), РЕТЛ (резисторно-емкостная транзисторная логика) и т. п. Сначала, пока размеры элементов были большими, это еще удавалось. Но размеры, например, резисторов и конденсаторов имеют принципиальные пределы своего уменьшения и быстро стали тормозом в развитии микроэлектроники. В результате были найдены новые схемотехнические решения построения функциональных устройств без применения резисторов и конденсаторов, например ТТЛ — транзисторно-транзисторная логика, построенная на основе только транзисторов.

Первые ИС выполняли простейшие функции усилителя, генератора, элемента алгебры логики и т. п. По мере развития технологии ИС выполняли все более сложные функции: регистров, арифметических устройств, процессоров, компьютеров, разнообразных систем на кристалле. В настоящее время это сложнейшие микропроцессоры, микроконтроллеры и многоядерные системы на одном кристалле.

Глубокое проникновение изделий микроэлектроники во все сферы жизнедеятельности человека и радикальное их изменение произошло благодаря именно ее системотехническому аспекту. Действительно, для реального применения необходимо выполнение требуемой функции, а не втиснутые в кристалл многие элементы — это не цель, это средство достижения цели. Основой же функциональных устройств и их важнейшей составной частью являются различные микропроцессоры, микроконтроллеры и системы на одном кристалле, т. е. средства вычислительной техники, выполненные по микроэлектронной технологии в виде ИС. В результате вычислительная техника через микроэлектронику стала проникать в различные электронные системы, применяемые в самых разнообразных сферах жизнедеятельности человека, ранее немислимых. Именно это и привело к взрывному развитию всех областей науки и техники. Сейчас каждого человека постоянно и повсюду окружает множество изделий вычислительной техники, изготовленных по технологии микроэлектроники. По несколько встроенных компьютеров имеется в каждом ноутбуке, планшете, сотовом телефоне, в электронной игре. Имеются свои компью-



теры в часах, холодильниках, бытовых печах, в швейных машинах. Они повсюду. И сделаны они микроэлектроникой. Практически во всех больших ИС имеется один или несколько компьютеров. Поэтому говорить об истории и основах микроэлектроники и не сказать об истории и основах вычислительной техники, главного их системотехнического компонента, невозможно. Вместе мы их в последующих главах и рассмотрим. А пока вернемся к электронике.

Здесь необходимо остановиться и на самом термине «электроника». Он появился далеко не сразу, да и сегодня трактуется неоднозначно. Как мы отметим ниже, электроника началась с радио, она тогда так и называлась — «радиотехника», затем «радиоэлектроника». Но имеются устройства проводной связи, электронные управляющие и вычислительные устройства и системы, другие изделия, в которых радиоволны не применялись и к которым слово «радио» никак не подходило. Тогда и появился термин «электроника». Большая советская энциклопедия дает такое определение этому термину: *«Электроника (от греческого Ηλεκτρόνιο — электрон) — наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и методах создания электронных приборов с электромагнитными полями и методах создания электронных приборов и устройств для преобразования электромагнитной энергии, в основном для приема, передачи, обработки и хранения информации»*. В принципе с этим определением можно согласиться, с одной поправкой, что это не только наука, но и промышленность и ее продукция. Так термин «электроника» в мире и понимается, как общее название полного множества всех электронных изделий, науки и промышленности для их создания.

Любое конечное изделие электроники, т. е. изделие, используемое потребителем по назначению, представляет собой совокупность соединенных определенным образом элементов (компонентов). Каждый такой элемент характеризуется тем, что выполнен в виде отдельного неделимого и не ремонтируемого физического объекта, являющегося товарной продукцией для одних производителей и покупным комплектующим изделием для других — производителей более сложных изделий электроники. При порче такого элемента он не ремонтируется, а утилизируется. В СССР все множество таких элементов было принято называть комплектующими изделиями, электрорадиоэлементами (ЭРЭ) или элементной базой — ЭБ, а теперь в России — электронной компонентной базой — ЭКБ. Однако термин ЭБ не нра-

вился министру электронной промышленности СССР А. И. Шокину, которая специализировалась на создании и производстве именно элементной базы, или «алиментной базы», как не без издевки говорил министр, отвергая этот термин. Поэтому официально в Минэлектронпроме применялся термин «изделие электронной техники» (ИЭТ) или «электронный прибор». Но в первые десятилетия существования электроники такой специализации не было, комплектующие изделия производители электроники делали в основном для себя сами. Специализация постепенно возникала с усложнением элементной базы, с появлением вакуумных, а затем и полупроводниковых приборов. В СССР эта специализация получила формальное выражение выделением 17 марта 1961 г. из Государственного комитета по радиоэлектронике (ГКРЭ) Государственного комитета по электронной технике (ГКЭТ), преобразованного в 1965 г. (при реорганизации госкомитетов и совнархозов) в Министерство электронной промышленности (МЭП). С этого момента в нашей стране установилась специализация:

- изделия электронной техники — комплектующие изделия (подмножество множества «электроника») — профильная продукция Министерства электронной промышленности СССР (Минэлектронпром, МЭП);
- радиоэлектронная аппаратура — подмножество множества «электроника». Это профильная продукция Министерства радиопромышленности СССР (Минрадиопром, МРП), Министерства промышленности средств связи СССР (МПСС), Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (Минприбор) и др. Разрабатывал и производил РЭА и Минэлектронпром.

Общего термина, объединяющего ИЭТ и РЭА, в СССР фактически не было. В развитых странах западного мира такой термин был — «электроника» — полное множество всех электронных изделий. А у нас этот термин был эквивалентом термину ИЭТ как производная от названия Министерства электронной промышленности. Эта путающая традиция сохраняется до сих пор. Недавно Издательский дом «Столичная энциклопедия» выпустил прекрасный двухтомник «История отечественной электроники», в котором представлены исключительно предприятия Минэлектронпрома. Это исторически сложившаяся традиция, нигде в мире более не распространенная и от



которой пора бы и нам отойти. Потому в дальнейшем будем использовать следующие понятия:

- электроника — полное множество всех электронных изделий;
- ЭКБ — подмножество электроники, включает активные элементы — вакуумные и полупроводниковые диоды, триоды, ИС и т. п. и пассивные элементы — резисторы, конденсаторы, переключатели, соединители, индикаторы и т. д.;
- ЭА — подмножество электроники, создаваемое путем соответствующего функциям ЭА соединения различных ЭКБ — устройства, системы, комплексы.

Но иногда будут использоваться и более ранние термины.

Технический уровень электроники в основном определяется активными элементами, в последние 50 лет — микроэлектроникой. Поэтому на ее развитии мы и сосредоточим свое внимание. Пассивные элементы, естественно, также играют свою роль и также развиваются, но это развитие строго коррелируется с развитием активных элементов. Высшим достижением в развитии активных ЭКБ на данный момент является микроэлектроника, которой в 2012 г. исполнилось 50 лет.

Но начало ее созданию было положено еще в XIX в.

# ГЛАВА I

## ИСТОРИЧЕСКИЕ РЕАЛИИ 1960—1980-х ГОДОВ

Гражданам России, повзрослевшим в послереформенный период, зачастую трудно правильно оценить дореформенную историю, дореформенную жизнь своих отцов и дедов, понять их жизненные реалии. С нынешних позиций многие реалии тех лет им кажутся нелепыми, в то время как тогда они воспринимались совершенно естественными. Поэтому я решил предвосхитить изложение истории отечественной электроники некоторым экскурсом в общественно-политические реалии послевоенного периода, в течение которого создавались и развивались отечественная вычислительная техника и микроэлектроника. Естественно, в меру своего понимания.

### **После Великой Победы**

Мировая электроника зародилась 25 апреля (7 мая) 1895 г. в Российской империи в виде радиоприемника А. С. Попова, и с тех пор ее роль в развитии человеческой цивилизации стремительно растет.

В довоенной царской России развитие электроники происходило в рамках международной кооперации (взаимное инвестирование, торговля лицензиями, свободный рынок и т.п.) и в целом соответствовало мировому уровню.

В советское время, в результате политического противостояния двух систем, отечественная электроника развивалась в изоляции от мировой кооперации, неравномерно, с периодами замедления и резкими скачками. Огромную активизирующую роль в развитии отечественной электроники сыграли постановления руководства страны 1943 и 1962 гг.

Первый кризис проявился в ходе Великой Отечественной войны, когда наша радиоэлектроника была еще в запущенном со-

стоянии. Сравнение эффективности систем противовоздушной обороны Великобритании и СССР предметно доказало руководству страны стратегическую роль электроники. Английская ПВО благодаря созданным в США и Великобритании радиолокации и радиовзрывателям была столь эффективна, что вынудила Гитлера отказаться от бомбардировок Англии. Наша же ПВО, с преимущественно заградительным огнем, не слишком докучала гитлеровской авиации. Поэтому в 1943 г., в канун крупнейшей в истории битвы на Курской дуге, руководство страны издало постановление о радиолокации с выделением требуемого финансирования, несмотря на катастрофически сложное положение в стране. Это было вторым импульсом, стимулирующим начало масштабного развития отечественной электроники. В условиях жестокой войны были созданы НИИ, КБ и заводы, которые быстрыми темпами начали разрабатывать и производить средства радиосвязи и радиолокации, сразу же поступающие в войска. Они сыграли значительную роль и в общей победе над врагом, и в послевоенном развитии страны. В результате наша страна, подвергнутая колоссальным разрушениям в ходе войны, обогнала в ряде научно-технических направлений США, обогатившиеся на той же войне, развившие на ней свою экономику. В 1950—1960-х гг. многие мировые достижения в науке и технике происходили в нашей стране. Первые в мире спутник, космонавт, атомная электростанция (в Обнинске), пассажирский реактивный самолет (ТУ-104), компьютер-миллионник (К340А), крупнейший тогда пассажирский самолет (ТУ-114) и многие другие приоритеты были тогда наши.

Однако внешнеполитическое положение для нашей страны складывалось очень сложно. Предоставим видному деятелю микроэлектроники А. А. Васенкову охарактеризовать его [2]:

*«К концу 1945 г., когда уже закончилась 2-я мировая война, Европа была разорена, СССР наполовину разрушен, США «рассчитались» с Японией за унижение в Перл-Харборе атомной бомбардировкой и вышли из этого мирового сражения с окрепшей экономикой и амбициями, политики и экономисты США задумались над послевоенными проблемами и развитием экономики, желая и далее развивать и усиливать свое дарованное судьбой международное положение в мире.*

*Атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки были одновременно предостережением СССР, который, несмотря на огромные потери, вы-*

шел победителем из войны, участвовал в разделе Европы, завоевывая все большие симпатии в мире. Обострилась конфронтация между бывшими союзниками — СССР с одной стороны и США, Великобританией, Францией с другой стороны. Конфронтация существовала и до войны: молодая социалистическая система с плановой экономикой и мощная капиталистическая система с ее рыночными отношениями. Окончательную точку в старте «холодной войны» поставила речь премьер-министра Великобритании У. Черчилля, которую он произнес в США в г. Фултоне в 1946 г.

Решение в 1949 г. атомной проблемы в СССР не изменило ситуации, и, несмотря на заявление правительства СССР от 20.09.1949 г. о том, что СССР не намерен применять атомное оружие первым и предлагает его запретить, Вашингтон активизировал разработки планов начала новой войны.

В результате в Белом доме было принято решение об осуществлении плана коалиционной войны против СССР. План был назван «Operation Dropshot» (операция «Последний выстрел», рис. 1.1).

Дата открытия боевых действий — 1 января 1957 г. К этому времени планировалось иметь преимущество над СССР в числе атомных бомб в соотношении 10 к 1. На первом этапе планировалось сбросить на СССР 300 50-килотонных атомных и 200000 тонн обычных, в т. ч. 25 атомных бомб — на Москву, 22 — на Ленинград, 10 — на Свердловск и т. д. Было скрупулезно подсчитано, что в результате этой акции погибнет около 60 млн граждан СССР, а всего с учетом дальнейших боевых действий погибнет свыше 100 млн советских людей<sup>1</sup>. Этот план является практической разработкой двух проектов Совета национальной безопасности США: СНБ-20/1 от 18 августа 1948 г. и СНБ-68 от 30 сентября 1950 г. План был опубликован в 1978 г. в книге «Дропшот. Американский план атомной войны против СССР в 1957 г.» американского исследователя А. Брауна.

---

<sup>1</sup> По данным первой послевоенной переписи от 15 января 1959 г. население СССР составляло 208,8 млн человек. Следовательно, «всемирный оплот и образец демократии», как нам многие наши политики представляют ныне США, планировал убийство каждого второго из наших граждан. Логично предположить, что были бы уничтожены и большинство нынешних любителей американской «демократии», т. к. они в основном горожане, а города — основные цели планируемых ядерных ударов. Пожилые — непосредственно, а молодые и не родились бы из-за уничтожения родителей.

США и их союзники наращивали не только военную мощь, но и активно работали на идеологическом фронте во всем мире и в нашей стране. Ниже приводится выдержка из статьи директора ЦРУ Алена Даллеса, опубликованной в журнале «US News and world report», vol. 38, p. 17—20 от 21.01.1955 г. под названием «Trouble behind the Iron Curtain» — «Потрясения за железным занавесом».

«Посеяв в России хаос, мы незаметно подменим их ценности на фальшивые и заставим их в эти фальшивые ценности верить. Как? Мы найдем своих единомышленников, своих помощников и союзников в самой России. Эпизод за эпизодом будет разыгрываться грандиозная по своему масштабу трагедия гибели самого непокорного на земле народа: окончательного, необратимого угасания его самосознания. Из литературы и искусства, например, мы постепенно вытравим их социальную сущность. Отучим художников, отобьем у них охоту заниматься изображением, исследованием тех процессов, которые происходят в глубине народных масс. Литература, театры, кино — все будет изображать и прославлять самые низменные человеческие чувства. Мы будем всячески поддерживать и поднимать так называемых творцов, которые станут насаждать и вдальбивать в человеческое сознание культ секса, насилия, садизма, предательства — словом, всякой безнравственности.

В управлении государством мы создадим хаос, неразбериху. Мы будем незаметно, но активно и постоянно способствовать самодурству чиновников, взяточников, беспринципности. Бюрократизм и волокита будут возводиться в добродетель. Честность и порядочность будут осмеиваться и никому не станут нужны, превратятся в пережиток прошлого. Хамство и наглость, ложь и обман, пьянство и наркоманию, животный

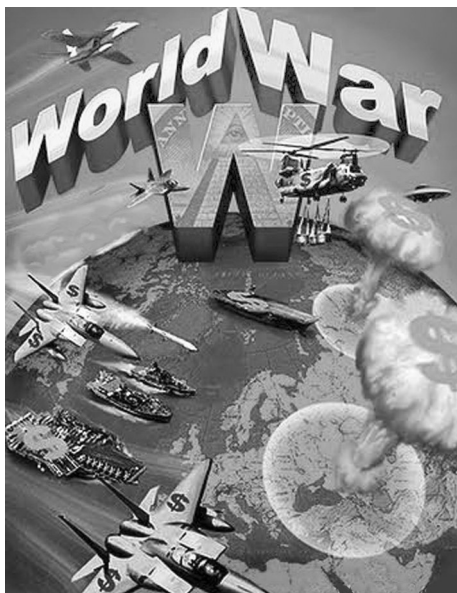


Рис. 1.1. Иллюстрация плана «Operation Dropshot»



*страх друг перед другом и беззастенчивость, предательство, национализм и вражду народов, прежде всего вражду и ненависть к русскому народу, — все это мы будем ловко и незаметно культивировать.*

*И лишь немногие, очень немногие будут догадываться или понимать, что происходит. Но таких людей мы поставим в беспомощное положение, превратив в посмешище. Найдем способ их обогатить и объявить отбросами общества»<sup>2</sup>.*

*Военная и идеологическая доктрины США и их союзников положили начало гонки вооружений, т.к. согласно доктрине «Dropshot» не предполагалось ведение переговоров с СССР; союзники присвоили себе право нанесения превентивного ядерного удара в удобное для них время и развязывания новой мировой войны.*

*Перед нашей страной, выдержавшей в течение 40-х гг. беспрецедентную в моральном и экономическом отношении четырехлетнюю войну и добившейся победы ценой огромных усилий и жертв, возникли новые гигантские проблемы:*

- *создание эффективной обороны против атомного оружия;*
- *создание носителей дальнего действия для атомного оружия.*

*В качестве основных контрмер были приняты:*

- *срочное создание реактивного управляемого оружия для зенитных противосамолетных и противоракетных комплексов, для вооружения самолетов дальней авиации, истребителей перехватчиков, кораблей и самолетов военно-морского флота;*
- *создание межконтинентальных баллистических ракет...*

*В создании реактивного управляемого оружия и межконтинентальных ракет одним из определяющих направлений является создание информационно-управляющих систем, в которых главенствующее место занимает электроника, ее элементная база. Без радиолокации, радиоуправления, электронных вычислительных устройств создание реактивного оружия, баллистических ракет и информационно-управляющих систем невозможно.*

---

<sup>2</sup> Тогда США не удалось реализовать программу Аллена Даллеса. Это происходит в наши дни стараниями (как и планировал Аллен Даллес) наших же людей и наших же СМИ — апологетов американской «демократии», носителей, по А. Даллесу, фальшивых ценностей. Особенно — телевидением. В связи с этим «Телевизионному техническому центру «Останкино», отказавшемуся от ранее почетного звания «им. 50-летия Октября», следовало бы присвоить новое, соответствующее его нынешней деятельности «почетное» звание «им. Аллена Даллеса».



*В распоряжении конструкторов в то время были: проводной монтаж, электронные лампы, проволочные сопротивления и т. п. Это означало, что существовавшая в то время электронная компонентная база (ЭКБ) во многих случаях не позволяла решить поставленные задачи. Обе противоборствующие стороны активно искали новое конструктивно-технологическое решение этой проблемы.*

*Начавшаяся гонка вооружений заставила обе стороны вкладывать огромные средства в разработку и производство нового оружия, подготовку армии, создание новых предприятий и разработку передовых технологий».*

Во многом это определялось отношением людей к своему делу. Причины развала страны были для всех очевидны и все понимали, что никто, кроме нас самих, страну не восстановит. Что «заграница не поможет», что от нее ничего, кроме новой войны, ждать нельзя. Поэтому основная масса людей трудилась с полной отдачей сил, а в экстренных ситуациях и сверх сил. И результат был успешным. В том числе в электронике.

Но к началу 1960-х гг. мировая электроника переживала кризис — возможности микроминиатюризации электронной аппаратуры на дискретных элементах были исчерпаны. Требовались иные технические решения, и они были найдены в США и СССР — микроэлектроника. В 1962 г. начали серийное производство микросхем фирмы Fairchild (серия «Micrologic»), Texas Instruments (серия «SN-51») в США и Рижский ЗППП (серия «P12-2») в СССР (об этом далее).

Руководство страны тогда правильно оценило роль нарождающейся микроэлектроники как базовой отрасли — локомотива развития других отраслей науки и техники. 8 августа 1962 г. вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР (№ 831-353) о развитии отечественной микроэлектроники с созданием ее инновационного Центра в будущем Зеленограде, а также ряда НИИ, КБ и заводов в других городах страны. С выходом этого постановления в стране началось широкомасштабное развитие отечественной микроэлектроники, вошедшей, наряду с микроэлектроникой США и Японии, в тройку мировых лидеров. 8 августа 2012 г. — 50-летний юбилей отечественной микроэлектроники.

В условиях господствовавшей тогда «холодной войны» (с «балансированием на грани войны» — термин тех лет) проблемы микроэлектроники нам приходилось решать самостоятельно. Странами

НАТО был создан международный комитет КОКОМ, изолирующий СССР от международной кооперации, прежде всего в микроэлектронике — базовой отрасли. Поэтому СССР был вынужден стать и стал единственной в мире страной, создавшей самодостаточную микроэлектронику, т.е. полностью обеспеченную своей научно-промышленной инфраструктурой — сверхчистыми материалами, сверхпрецизионным спецтехнологическим оборудованием, автоматизированными системами и т.п. Только две страны в мире — СССР и США разрабатывали и производили тогда самое сложное и самое высокоточное в мировой науке и технике оборудование — фотолитографическое, определяющее технический уровень микроэлектроники (позже к ним присоединилась Япония). СССР был единственной в мире страной, самостоятельно обеспечивающей свои потребности оборонной техники и народного хозяйства в изделиях микроэлектроники — другие страны пользовались недоступной для СССР международной кооперацией. Технический уровень отечественной микроэлектроники в тот период в целом соответствовал мировому, лучшие изделия по совокупности характеристик были близки лучшим зарубежным, а иногда превосходили их (например, радиоприемник «Микро», ГИС «Талисман», микроконтроллеры K1801BE1 и K586BE1). Уже в наше время Ж. И. Алферов оценил его следующим образом: *«В 1970—1980-е годы существовало только три страны с развитой электроникой: США, Япония и СССР. Но по многим направлениям советская электроника занимала передовые позиции»*.

Микроэлектроника — это комплексная отрасль науки и техники, включающая интегральную электронику (в спектрах микро- и нанометровых топологических размеров), особо чистое материаловедение, особо прецизионное сложнейшее технологическое оборудование, многэтапные и сверхточные интегральные технологии и специально подготовленные кадры.

Микроэлектроника также — особая, базовая область науки и техники, определяющая уровень развития других отраслей. Ни одна из отраслей науки и техники не оказала столь революционного и столь стремительного влияния на развитие человеческого общества, как микроэлектроника. Практически уровень развития человеческой цивилизации зависит в решающей степени от того, сколько транзисторов микроэлектронике удастся разместить в кристалле микросхе-



мы. После того как это число превысило 1 млн, появилось понятие «информатика». За 50 лет своего существования микроэлектроника изменила суть человеческой цивилизации, преобразовав ее из индустриального в информационное общество, этот процесс продолжается. В этом невиданном ранее фундаментальном влиянии на темпы развития науки и техники, на все сферы жизнедеятельности человека, на человеческую цивилизацию — исключительная роль микроэлектроники, выделяющая ее из сонма других отраслей науки и техники. Следовательно, ее развитие должно иметь высший приоритет в государственной политике.

Так дело обстоит в США и Японии, поэтому эти страны лидируют и в микроэлектронике, и во многих других отраслях науки и техники, для которых она является локомотивом. Так к микроэлектронике стал относиться Китай, и он стремительно выходит в лидеры. Так к микроэлектронике в 1962—1980-е гг. относились у нас, и тогда наша микроэлектроника входила в тройку мировых лидеров.

Однако в ходе реформ в стране отечественная микроэлектроника из группы мировых лидеров была отброшена в слаборазвитые, а Россия потеряла электронную независимость. Фактически наши **западные «партнеры»** держат Россию «на коротком электронном поводке», управляя техническим уровнем нашей микроэлектроники (и электроники в целом), механизмом лицензирования. И это в условиях, когда США приняли на вооружение (в 2010 г.) доктрину кибернетических войн (AFDD3-12 Cyberspace Operations) с образованием кибернетической войск и кибернетического командования (USCYBERCOM) и неуклонно продвигают свою систему ПРО к нашим границам. Очевидно, что все это направлено против России.

Ж. И. Алферов оценивает роль современной микроэлектроники следующим образом: *«Мощная полупроводниковая электроника — это стратегическое направление развития передовых стран... Страна не может быть независимой, не может быть ведущей в современном информационном обществе, не имея своей мощной электроники...»*

Таким образом, для обеспечения национальной безопасности России, для сохранения ее статуса Великой державы необходимо возродить отечественную микроэлектронику. Что весьма сложно, но вполне реализуемо. Для этого необходима политическая воля, основанная на консолидированной позиции властных и деловых структур, электронного сообщества и передовой общественности в оценке

роли и значения микроэлектроники в развитии и безопасности России. Но такой консолидации в настоящее время в Российской Федерации нет.

Но вернемся к послевоенным годам. В СССР главной «руководящей и определяющей» силой была Коммунистическая партия Советского Союза. Следовательно, не изучив роль коммунистов, мы не сможем понять жизненные реалии тех лет.

### **О политической честности**

Людам, выросшим после крайне необходимых, но и крайне неудачных реформ в стране 1980—2000-х гг. (на грани, а часто за гранью преступлений), в условиях новых жизненных реалий трудно правильно оценить дореформенные события. Тем более, что множество общественных деятелей и публицистов представляют советский период истории нашей страны исключительно в черном свете. Этот период истории, как и все другие, в том числе нынешний, многогранен и многоцветен. Он, как и другие, сочетает великие победы с ужасными поражениями, заботу о людях с их преследованиями, укрепление законности с преступностью... Никогда не бывает все хорошо или все плохо. Поэтому политики и публицисты, представляющие советский период истории нашей страны и наших государственных, общественных (в том числе партийных) деятелей только в черном свете, — это недобросовестные люди, ангажированные определенными политическими и мафиозно-деловыми кругами.

Индикатором честности политиков и публицистов может служить их отношение к Великой Октябрьской революции. Честные, независимо левые они или правые или какие-то иные, так и называют ее — и революцией, и Великой. Фальсификаторы называют октябрьским переворотом. Величие этой революции определяется не тем, нравится она нам или нет, считаем мы ее всеобщим благом или исчадием ада. Эта революция коренным образом переменяла жизнь не только в России, но и во всем мире. Резко изменила ход развития всего человечества. И поэтому она Великая революция, возможно, самая Великая из всех происходивших на Земле. А те политики и публицисты, которые называют ее переворотом, не достойны никакого доверия, т. к. обманувший в одном, обманет и в другом. Их инсинуации на тему исто-

рии страны в советский период в значительной их части совершенно не соответствуют реалиям тех лет.

Особенно от них достается коммунистам, всем без разбора. В связи с этим нужно рассмотреть, кто же такие были советские коммунисты и какую роль они играли в жизни страны и ее народа.

Всех коммунистов СССР можно, с определенной условностью, разделить на три группы:

1. Искренне верящие декларируемым целям, задачам и политике партии, добровольно, «по зову сердца» вступающие в партию.
2. Равнодушные к деятельности партии, вступающие в нее ради профессиональной карьеры в интересной для них сфере деятельности.
3. Партийные карьеристы, сделавшие партийную работу своей профессией.

Прежде чем приступить к рассмотрению этих групп, отметим, что в Коммунистическую партию никто не загонял, вступить в нее было довольно трудно и очень многие желавшие так и не смогли это сделать. Прием в партию, как и многое в СССР, проводился по плану. Строго выдерживался социальный состав членов партии — устанавливались нормативы на проценты рабочих, крестьян, интеллигенции, мужчин, женщин и других групп населения. Причем процент рабочих и крестьян был значительно выше, чем у других социальных групп. На каждый год для каждой первичной организации партии устанавливался план приема с учетом этих нормативов. И если по какой-то категории желающих не хватало, то и уговаривали. Но чаще отказывали, т. к. желающих, особенно среди интеллигенции, было гораздо больше. Возможно, обиженные тогда, они теперь и ополчились и на партию, и на страну тех времен.

### *Искренние коммунисты*

Декларируемые цели и задачи партии были весьма привлекательны для простого человека. Например, один из главных лозунгов партии «*Все во имя человека, все на благо человека*», обещание скорого коммунизма, где «*от каждого по способности, каждому по потребности*», не могли оставить равнодушным нормального человека. Многие верили этим декларациям, а реальная жизнь, что бы ни говорили нынешние пропагандисты, давала немало примеров, их подтверждающих, хотя были и другие примеры. А если где-то случался про-

вал, партия действовала по четкому алгоритму, списывая проблемы на ошибки или преступления «отдельных товарищей», которых как-то наказывали, подчеркивая при этом *«непогрешимость курса партии»*. Поэтому многие искренне верили партии. Именно представители этой группы коммунистов первыми шли в атаку на войне, первыми бросались на устранение аварий, первыми сдавали кровь для больных... Лозунг «Коммунисты, вперед!» активно эксплуатировался партией в сложных обстоятельствах, требующих сверхчеловеческой самоотверженности. И безупречно работал в среде коммунистов первой группы.

Кстати, высока популярность Компартии была не только в СССР, но и в Европе и в Америке. Прекрасной иллюстрацией тому является широко известная группа Юлиуса Розенберга в США, работавшая в годы ВОВ на советскую разведку. Они выросли в бедных еврейских эмигрантских семьях в один из самых мрачных периодов истории США — Великой депрессии. Огромная, до 15 млн человек армия безработных (25—30% работоспособных). Среди простых американцев слова «капитализм» и «демократия» стали ругательством. Жесткая этническая сегрегация негров и евреев. Ровесники Розенберга на собственной шкуре ежедневно испытывали худшие проявления дикого капитализма тех времен. Компартия США стала крупной политической силой в стране. Распространяемая ею пропаганда о социальном рае в СССР, где нет эксплуатации, экономических кризисов и все народы — братья, была весьма привлекательна для американской молодежи. Они были убеждены в неизбежности социалистической революции в США и готовились строить Советскую Америку. В годы Второй мировой войны однокашники Розенберга по колледжу, работавшие в фирмах, создававших новейшую военную технику, считали несправедливым, что США утаивают новые военные разработки от своего главного союзника во Второй мировой войне, причем в отличие от США реально и напряженно воюющего с фашизмом, принявшего на себя его главный удар. И считали своим долгом восстановить справедливость, всемерно помогать СССР. Именно поэтому они в 1941 г. в главе с Юлиусом Розенбергом объединились в группу инженеров, безвозмездно передававших информацию о новых разработках военной техники советской разведке.

Яркими примерами коммунистов первой группы являются герои трилогии Юлия Райзмана «Коммунист» Василий Губанов (рядом



**Рис. 1.2.** Василий Губанов самоотверженно рубит дрова для паровоза — люди голодают, ждут продукты

вой коммунист (рис. 1.2), участник одной из первых советских строк из фильма «Коммунист», 1957 г.) и его сын, тоже Василий Губанов (ученый и директор проектного института из двухсерийного фильма «Твой современник», 1967 г.). Рекомендуем молодежи посмотреть эту трилогию, она доступна в Интернете. В ней правда о лучших людях тех времен.

Коммунисты первой группы были во всех социальных группах советского общества. В подавляющем числе они были честными людьми, искренне верящими в декларируемые идеалы коммунизма, не задумывающиеся о реальных методах достижения этих идеалов, не замечающие демагогичности партийного руководства... Это были «рабочие лошадки» партии. А в экстремальных условиях — ее надежный чрезвычайный резерв.

### *Нейтральные коммунисты*

Те, кто не разделял оптимизма коммунистов первой группы по поводу деклараций партии, не вступал в нее. За исключением специалистов в различных непартийных сферах деятельности, желающих сделать профессиональную карьеру. Без партийного билета в кармане это было гораздо труднее, почти невозможно. Поэтому они были вынуждены стремиться в партию, и их было значительно больше планируемого партией приема интеллигенции, к которой эти люди в основном относились.

А те, кому удавалось вступить в партию, получали возможность успешнее двигаться по служебной лестнице, особенно если умели на-



ладить хорошие отношения со своим парткомом. Партийная карьера их не интересовала, поэтому конкурентами партийным функционерам они не были, наоборот, своими профессиональными успехами могли повысить престиж парткома в глазах высшего партийного руководства. Так что у сторон были взаимные интересы.

Коммунисты второй группы, как правило, относятся к интеллигенции страны. Большинство достижений науки, техники, искусства и других сфер деятельности, определявших уровень развития советского общества (а он был далеко не так плох, как это декларируется сейчас), получено страной благодаря деятельности коммунистов второй группы. Действительно, во многих областях науки и техники дореформенного периода наша страна имела весьма высокий уровень развития, часто превосходящий мировой. Еще раз повторим, такое повторять не грех, первый в мире спутник, первый в мире космонавт были наши. Первое в мире поражение баллистической ракеты противоракетой с безъядерный зарядом ракетой «В-1000» П. Грушина было получено нашей системой ПРО (Система А), американцы отстали на 23 года. И сбита она была благодаря системе управления, полностью отечественной, построенной на основе ЭВМ «М-40» академика А. С. Лебедева. Первая в мире атомная электростанция была наша. Первый в мире атомный ледокол был наш. Первой в мире ЭВМ производительностью более 1 млн оп/с была наша К340А (кстати, так и оставшаяся мировым рекордсменом по производительности среди ЭВМ второго поколения на транзисторах). Лучшей ЭВМ Восточного полушария в своем поколении была наша БЭСМ-6. Производство интегральных схем в СССР и США началось практически одновременно, в 1962 г. Первые однокристалльные компьютеры с 16-разрядным процессором были наши К1801ВЕ1 и К586ВЕ1 в 1979 г. Таких примеров нашего лидерства или соответствия передовому мировому уровню было огромное количество.

### *Партийные карьеристы*

Совершенно другими людьми были коммунисты третьей группы. Это значительная часть партийных функционеров, выбравших партийную или профсоюзную работу в качестве основного вида деятельности, неразборчивых в методах достижения своих карьерных целей, идущих к ним «любой ценой».



Появление категории партийных карьеристов имеет объективные причины. В подрастающем поколении всегда имеется какое-то количество энергичных, коммуникабельных, честолюбивых, не отягощенных принципами морали молодых людей, не имеющих склонности к деятельности в производстве, науке, искусстве... В условиях советской действительности перед ними был только один путь — общественная деятельность. По молодости комсомольская, а затем партийная и профсоюзная работа, гарантирующая наибольшие перспективы. Такая молодежь и была основным кадровым фондом партии. Характерным примером такой молодежи был широко известный Салман Радуев. В советское время — активный комсомолец, затем коммунист, член обкома Коммунистической партии Чечено-Ингушской ССР. С развалом СССР — он террорист, чеченский полевой командир, организатор ряда громких диверсий и террористических актов на территории Российской Федерации. С изменением реалий жизни он изменил и все свои «убеждения», сменил воинствующий атеизм на самое ортодоксальное направление ислама.

Именно партийные карьеристы породили и всемерно культивировали в своих кругах то, что можно назвать демагогией «двух моралей». Одна мораль — для народа, декларирующая внешне привлекательные идеи коммунизма. Другая мораль — для себя, для «внутреннего пользования». Эта мораль нигде и никогда четко не формулировалась и не излагалась, но постепенно, подспудно овладела широкими кругами партийных функционеров. Основывалась она на положении первого пункта устава КПСС: *«Коммунистическая партия Советского Союза — есть боевой испытанный авангард советского народа, объединяющий на добровольных началах передовую, наиболее сознательную часть рабочего класса, колхозного крестьянства и интеллигенции СССР»*. Раз партия — это авангард, наиболее сознательная часть народа, значит, они, партийные руководители, — авангард авангарда, сливки народа, его особая часть, самая умная, самая достойная. Значит, все проблемы в стране решают они, т. к. другие на это не способны. Значит, им можно то, что нельзя другим. И они сами определяли, и что можно им, и что можно народу. Эта тлетворная философия оказалась заразной, постепенно овладела всеми кругами партийной и государственной власти, жива она во властных структурах и ныне. Именно эту демагогию «двух моралей», порожденную и развиваемую партийными карьеристами,

можно рассматривать в качестве первопричины многих негативных реалий советского периода.

Все вышесказанное относится к комсомолу (коммунистическому союзу молодежи) и комсомольским лидерам — молодежному отряду партии. И к профсоюзам и его функционерам.

Высшей ценностью для партийного карьериста были его личные интересы, и он добивался их удовлетворения любой ценой, часто вопреки интересам страны. Именно с их деятельностью связаны многие негативные, разрушительные реалии советского периода.

Свое истинное лицо партийные карьеристы показали в начале и в ходе реформ в стране. Создав в стране правовую неразбериху, они воспользовались ею для беспрецедентного разворовывания страны, превратившись в результате во владельцев крупных банков, комбинатов, заводов... И сейчас для них личные интересы — главное. И сейчас многие из них, находясь во властных или деловых структурах, продолжают вредить стране.

Однако в рядах партийных деятелей всегда было немало и честных людей, коммунистов первой группы, для которых главной целью в жизни была не карьера, а дело, и не «любой ценой», а с учетом интересов Человека, Отечества, реалий жизни. Не вписываясь в общую карьеристскую систему, они были менее успешны в карьере, а часто и отторгались партийной инфраструктурой. Но именно с деятельностью этих людей связаны многие позитивные, созидательные реалии советского периода.


### **О принципе Питера, «дуракоустойчивости» и культе личности**

Коммунистическая партия Советского Союза, *«ум, честь и совесть эпохи»* (активно эксплуатируемая ленинская фраза), выполняла *«вдохновляющую и руководящую роль»* во всех сферах жизнедеятельности государства, хотя десятилетиями эта ее реальная роль юридически, конституционно закреплена не была. Поэтому зарубежные политики и государственные деятели часто задавали вопрос: почему в стране всем управляет партия, а не Верховный Совет и Совет Министров согласно Конституции СССР? И почему они должны вести переговоры с Генеральным секретарем КПСС, о котором в Конституции СССР ни слова? Только в 1977 г. статья 6 новой Конституции

СССР узаконила: *«Руководящей и направляющей силой советского общества, ядром его политической системы, государственных и общественных организаций является Коммунистическая партия Советского Союза. КПСС существует для народа и служит народу»*. Это еще одно подтверждение демагогии «двойной морали» — партия ставила себя выше закона, выше Конституции государства. И только под международным давлением Конституцию привели в соответствие с реальностью.

Свою *«вдохновляющую и руководящую роль»* партия проводила через своих членов. Именно поэтому она строго следила за своим составом. И следила за тем, чтобы на руководящие должности любого уровня в государственных, промышленных, научных и иных структур назначались проверенные члены партии, иногда лояльные курсу партии беспартийные. Именно поэтому перспективные специалисты различных профессий стремились попасть в партию. Но вступить в нее было для многих невозможно, в основном из-за ограниченного планируемого приема. А быть исключенным из партии, что бывало, но очень редко, означало крах профессиональной карьеры, всей жизни. Поэтому угрозы «положить партбилет на стол» были эффективным средством управления руководящим составом в различных сферах деятельности человека. И прибегала партия к этим угрозам довольно часто, когда какой-либо специалист, по мнению партийной организации, «отклонялся от генеральной линии партии», что было не сложно, т. к. «генеральная линия партии» не была прямой и стабильной. И не всем удавалось вовремя отследить ее вариации.

На эту тему в хрущевской-брежневский период было много анекдотов, вот два примера:

1. Рисуется фигура  и задается вопрос: «Что это?» Ответ: «Правый уклон, левый уклон и в центре генеральная линия партии».
2. На парткоме прием в партию (или комсомол). У принимаемого спрашивают, насколько он тверд в своих политических и идеологических убеждениях, не колебался ли он. Ответ: *«Колебался, но вместе с генеральной линией партии»*.

Партия через свою организационную инфраструктуру, от первичных организаций на всех предприятиях и организациях до Цен-

трального комитета Коммунистической партии Советского Союза (ЦК КПСС), управляла всеми делами в стране. Все было планомерно, все централизовано. Это имело и позитивные, и негативные последствия. Фактически в стране была диктатура КПСС, а ее экономика — государственный капитализм.

Одним из позитивных качеств была уникальная мобилизационная способность системы к всеобщей концентрации любых ресурсов для решения сложнейших разнообразных проблем, актуальность которых партия, ее руководство понимали и адекватно оценивали. Среди таких проблем были и объективные, и вымышленные (например, хрущевское повсеместное насаждение кукурузы). Особенно это сказалося во время Великой Отечественной войны. Ни одна демократическая страна с хоть каким-то соблюдением «прав человека» и частной собственностью на средства производства в принципе не смогла бы (и в Европе не смогла реально) в кратчайшие сроки перенести свою оборонную промышленность и науку на тысячи километров. И ввести ее в действие, обеспечивая фронт оружием, боеприпасами и всем необходимым. А значит, не смогла бы (и реально не смогла) победить фашистскую диктатуру, которая так же обладала высокой мобилизационной способностью, распространенной ею на все захваченные территории. Фашистскую диктатуру победила диктатура коммунистическая.

Другими позитивными примерами проявления мобилизационной способности нашей страны были реализация ядерной и радиолокационной программ, создание ПВО, ПРО, отечественной микроэлектроники и ряда других программ.

Однако, если партийное руководство не понимало реально существующей проблемы, вся мобилизационная мощь страны направлялась на борьбу с ней. Так было с кибернетикой, объявленной лженаукой, с генетикой и т. п.

«КИБЕРНЕТИКА [3] (от др.-греч. — рулевой, управляющий) — реакционная лженаука, возникшая в США после Второй мировой войны и получившая широкое распространение в других капиталистических странах; форма современного механицизма. Приверженцы кибернетики определяют ее как универсальную науку о связях и коммуникациях в технике, в живых существах и общественной жизни, о «всеобщей организации» и управлении всеми процессами



в природе и обществе. Тем самым кибернетика отождествляет механические, биологические и социальные взаимосвязи и закономерности. Как всякая механистическая теория, кибернетика отрицает качественное своеобразие закономерностей различных форм существования и развития материи, сводя их к механическим закономерностям. Кибернетика возникла на основе современного развития электроники, в особенности новейших скоростных счетных машин, автоматики и телемеханики. В отличие от старого механицизма XVII—XVIII вв. кибернетика рассматривает психофизиологические и социальные явления по аналогии не с простейшими механизмами, а с электронными машинами и приборами, отождествляя работу головного мозга с работой счетной машины, а общественную жизнь — с системой электро- и радиокommunikаций. По существу своему кибернетика направлена против материалистической диалектики, современной научной физиологии, основанной И. П. Павловым, и марксистского, научного понимания законов общественной жизни. Эта механистическая метафизическая лженаука отлично уживается с идеализмом в философии, психологии, социологии.

Кибернетика ярко выражает одну из основных черт буржуазного мировоззрения — его бесчеловечность, стремление превратить трудящихся в придаток машины, в орудие производства и орудие войны. Вместе с тем для кибернетики характерна империалистическая утопия — заменить живого, мыслящего, борющегося за свои интересы человека машиной как в производстве, так и на войне. Поджигатели новой мировой войны используют кибернетику в своих грязных практических делах. Под прикрытием пропаганды кибернетики в странах империализма происходит привлечение ученых самых различных специальностей для разработки новых приемов массового истребления людей — электронного, телемеханического, автоматического оружия, конструирование и производство которого превратилось в крупную отрасль военной промышленности капиталистических стран. Кибернетика является, таким образом, не только идеологическим оружием империалистической реакции, но и средством осуществления ее агрессивных военных планов».

Подчеркнем, это пишет «Государственное издательство политической литературы», орган ЦК КПСС, верховной власти страны!

Еще в молодости, читая эту формулировку, не вдаваясь в философские тонкости, я не мог не заметить ее противоречивость — как лженаука может быть использована в «*практических делах*», быть «*средством осуществления*» чьих-то планов. Какая же это лженаука, если она дает реальные практические результаты? И этот казус был размножен в полутора миллионах экземпляров! И затормозил создание и развитие отечественной вычислительной техники.

В подобных казусах проявлялось свойство политической системы СССР, в технике, называемое «дуракоустойчивостью».

Дуракоустойчивые системы игнорируют глупые действия оператора, которые могут вывести систему в недопустимый режим работы.

Дуракоустойчивые системы выполняют все указания оператора, даже разрушающие систему или оператора.

Это понятие вполне применимо и к общественным системам. В частности, дуракоустойчивость системы государственного устройства СССР была крайне низкой. К сожалению, произошедшие в стране реформы в этом плане, похоже, ничего не изменили. Наоборот, добавили «преступноустойчивости».

Таким образом, дуракоустойчивость системы нашего государственного устройства привела страну к острой зависимости от произвола власть предержащих. А власти, особенно в условиях диктатуры, в соответствии с принципом Питера, имеют тенденцию к деградации.

### ***Принцип Питера:***

В иерархии каждый индивидуум имеет тенденцию подниматься до своего уровня некомпетентности.

### ***Следствия из принципа Питера:***

1. Для каждой существующей в мире должности есть человек, неспособный ей соответствовать. При достаточном числе передвижений по службе эту должность займет именно он.
2. Вся полезная работа совершается теми, кто еще не достиг своего уровня некомпетентности...

## О культе личности

В упомянутом нами фильме «Твой современник» Юлия Райзмана есть остроумная характеристика культа личности, которая звучит примерно так: *«Культ личности — это когда все ориентируются на очередного начальника. Хорошо, если он умный. А если не очень?»* (рис. 1.3).

К концу советского периода в высших партийных и государственных органах доля этих «не очень», достигших своего уровня некомпетентности, превысила допустимый порог, что привело к падению режима и распаду страны. Дуракоустойчивая система саморазрушилась.

Как бы ни странно это звучало, но позитивную роль в борьбе с ростом некомпетентности в СССР сыграла Великая Отечественная война. С первых же ее дней требования к руководителям всех уровней невероятно выросли. Им в немыслимо короткие сроки приходилось принимать решения и реализовывать их не только в военной сфере, но и во всех иных: при мобилизации ресурсов страны, при перемещении промышленности, науки и других организаций на восток, при организации производства вооружения и боеприпасов. В этих условиях все «не очень» быстро выявлялись и заменялись. В результате произошла жестокая, но объективная чистка руководящего состава всех уровней, его профессионализм и дееспособность резко выросли.



**Рис. 1.3.** На рассмотрении предложения В. Губанова (стоит) в ЦК КПСС. Именно здесь он сказал вышеприведенную фразу о культе личности



К сожалению, в послевоенный период в руководстве страны доля тех, которые «не очень», достигших своего уровня некомпетентности и дееспособности, возобновила свой рост и к концу советского периода она составляла подавляющее большинство, среди руководства страны прогрессировала некомпетентность. Именно с деятельностью этих людей связаны многие негативные, разрушительные реалии советского периода. А дураконеустойчивая система их разрушительных действий не нейтрализовала. В результате системы изжила себя и разрушилась.

Но из этого не следует, что там было все плохо. В партийном и государственной руководстве страны оставалось еще много продуктивных людей. Именно с деятельностью этих людей, в соответствии со следствием 2 из принципа Питера, связаны многие позитивные, созидательные реалии советского периода.

Развитие вычислительной техники и микроэлектроники происходило в послевоенный период, когда в руководстве страны, отраслей, предприятий, подразделений был высокий процент специалистов, прошедших селекцию «очистительным кадровым ситом» ВОВ, т.е. грамотных и активных специалистов. Это определило бурный рост этих отраслей, быстро достигших, а иногда и превосходящих мировой технический уровень. Этот рост замедлился с постепенной заменой старых кадров молодыми с естественной долей амбициозных, но с низким уровнем компетентности и дееспособности руководителей, быстро достигающих уровень своей некомпетентности.

То же произошло и с микроэлектроникой. При создании в нее пришли и старые отселектированные руководители, и перспективная молодежь с высоким уровнем компетентности (низкоуровневые руководители более осторожны, в новое с непонятной перспективой дело идут редко). Поэтому отечественная микроэлектроника сразу сделала быстрый рывок и в целом в дореформенный период соответствовала мировому уровню (об этом далее), а затем начал работать принцип Питера, дураконеустойчивость системы и тому подобные закономерности. А преступно бестолковые реформы, проведенные этими самыми «не очень» (дополненными преступными элементами), окончательно приговорили отечественную микроэлектронику и многие другие отрасли науки и техники. Осуществившие и разви-

вающие реформу политиканы и их приспешники внушают подрастающему поколению, что путной микроэлектроники в стране никогда не было и быть не может и она России не нужна. За державу обидно. И за ее обманываемую молодежь, получающую ложные ориентиры для своего развития.

# ГЛАВА 2

## ЗАРОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

### 2.1. Истоки электроники

В 2008 г. в Политехническом музее проходили чтения, посвященные 60-летию отечественной информатики. Во вступительном слове генеральный директор Политехнического музея профессор Г. Г. Григорян отметил, что историю информатики следует отсчитывать от первых образцов скальной живописи. Можно с уверенностью утверждать, что без достижений электроники, и в особенности микроэлектроники, информатика недалеко ушла бы от скального уровня. Это утверждение подтверждается и тем, что само понятие «информатика» появилось только после того, как микроэлектроника сказала свое решающее слово.

В 1936 г. в Месопотамии, вблизи Багдада, немецким ученым-археологом Вильгельмом Кенигом был обнаружен 13-сантиметровый глиняный сосуд, горлышко которого было залито битумом, а через него был проведен железный прут. Внутри сосуда располагался медный цилиндр, внутри цилиндра, в свою очередь, помещался железный стержень. По мнению Кенига, внутрь сосуда заливался раствор какой-либо кислоты или щелочи, что позволяло получить электрический ток.

В 1947 г. американский физик Уиллард Ф. Грей изготовил точную копию багдадской батарейки, используя сульфид меди в качестве электролита. Батарейка дала электрический ток напряжением около 2 В (рис. 2.1).

Немецкий египтолог Арне Эггебрехт, используя 10 копий багдадской батарейки с соевым раствором золота, за несколько часов покрыл статуэтку Осириса ровным слоем гальванического золота.

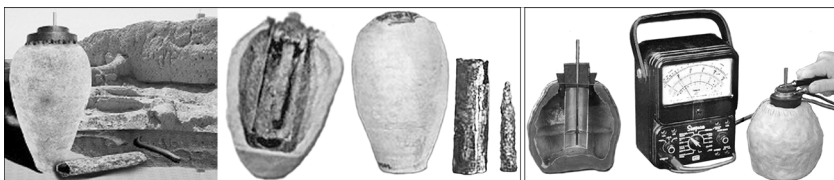


Рис. 2.1. Багдадская батарейка (артефакт, слева) и эксперимент с ее копией (справа)

Эти опыты доказывают — электрические батарейки были известны на Ближнем Востоке за 2000 лет до рождения Александра Вольта, открывшего их Европе.

Одним из первых электричество привлекло внимание греческого философа Фалеса Милетского (640—550 гг.) в VII в. до н. э., который обнаружил, что потертый о шерсть янтарь (*ἤλεκτρον* — *электрон*) приобретает свойства притягивать легкие предметы. Однако долгое время знание об электричестве не шло дальше этого представления. В 1600 г. появился сам термин *электричество* («янтарность»). А в 1650 г. магдебургский бургомистр Отто фон Герике создал электростатическую машину в виде насаженного на металлический стержень серного шара, которая позволила наблюдать не только эффект притягивания, но и эффект отталкивания. В 1729 г. англичанин Стивен Грей провел опыты по передаче электричества на расстояние, обнаружив, что не все материалы одинаково передают электричество. В 1733 г. француз Шарл Дюфе установил существование двух типов электричества: *стеклянного* и *смоляного*, которые выявлялись при трении стекла о шелк и смолы о шерсть. В 1745 г. голландец Питер ван Мушенбрук создает первый электрический конденсатор — лейденскую банку.

Первую теорию электричества создает американец Б. Франклин, который рассматривает электричество как «нематериальную жидкость», флюид («Опыты и наблюдения над электричеством», 1747 г.). Он также вводит понятие положительного и отрицательного заряда, изобретает молниеотвод и с его помощью доказывает электрическую природу молний. Изучение электричества переходит в плоскость точной науки после открытия в 1785 г. закона Кулона.

Далее, в 1791 г., итальянец Гальвани публикует «Трактат о силах электричества при мышечном движении», в котором описывает наличие электрического тока в мышцах животных. Другой итальянец Вольта в 1800 г. изобретает первый источник постоянного тока —

гальванический элемент, представляющий собой столб из цинковых и серебряных кружочков, разделенных смоченной в подсоленной воде бумагой. В 1802 г. россиянин В. В. Петров впервые получил и описал дуговой разряд, получивший позже название «вольтовая дуга».

В 1819 г. датский физик Г. Эрстед обнаружил, что проводник, по которому течет электрический ток, вызывает отклонение стрелки магнитного компаса, расположенного вблизи этого проводника, из чего следовало, что электрические и магнитные явления взаимосвязаны.

Французский физик и математик А. Ампер в 1824 г. дал математическое описание взаимодействия проводника тока с магнитным полем, а немецкий физик Г. Ом в 1926 г. сформулировал закон Ома.

В 1831 г. английский физик М. Фарадей экспериментально обнаружил и дал математическое описание явления электромагнитной индукции — возникновения электродвижущей силы (ЭДС) в проводнике, находящемся под действием изменяющегося магнитного поля. Он открывает электромагнитную индукцию и законы электролиза (1834 г.), вводит понятие электрического и магнитного полей. Анализ явления электролиза привел Фарадея к мысли, что носителем электрических сил являются не какие-либо электрические жидкости, а атомы — частицы материи. «Атомы материи каким-то образом одарены электрическими силами», — утверждает он. Его исследования электролиза сыграли принципиальную роль в становлении электронной теории. Фарадей создал и первый в мире электродвигатель — проволочка с током, вращающаяся вокруг магнита.

В 1864 г. Дж. Максвелл создает теорию электромагнитного поля, согласно которой электрическое и магнитное поля существуют как взаимосвязанные составляющие единого целого — электромагнитного поля. Эта теория с единой точки зрения объясняла результаты всех предшествующих исследований в области электродинамики. Из нее вытекало, что любые изменения электромагнитного поля должны порождать электромагнитные волны, распространяющиеся в диэлектрической среде (в том числе в пустоте) с конечной скоростью, зависящей от диэлектрической и магнитной проницаемости этой среды. Для вакуума теоретическое значение этой скорости было близко к экспериментальным измерениям скорости света, полученным на тот момент, что позволило Максвеллу высказать предположение (впоследствии подтвердившееся), что свет является одним из проявлений электромагнитных волн.

Венцом исследований электромагнетизма явилась разработка Максвеллом теории электромагнитных явлений. В 1873 г. он вывел уравнения, связывающие воедино электрические и магнитные характеристики поля. Эта теория сначала казалась просто гипотезой. Но в 1888 г. немецкий физик Генрих Рудольф Герц построил приборы, излучавшие электромагнитные волны (вibrator Герца) и принимавшие их на расстоянии в несколько метров (резонатор Герца). Российский ученый А. С. Попов узнал о работах своего немецкого коллеги в том же 1888 г. и в первой же лекции об опытах Герца, которую он прочитал год спустя, сказал, что открытые Герцем лучи могут быть когда-нибудь применены для телеграфирования без проводов. Стремясь к этому, А. С. Попов экспериментировал на протяжении последующих семи лет

В 1880 г. П. Кюри открывает пьезоэлектричество. В том же году россиянин Д. А. Лачинов показал условия передачи электроэнергии на большие расстояния. Герц в 1888 г. экспериментально регистрирует электромагнитные волны.

В 1897 г. Дж. Томсон открывает материальный носитель электричества — электрон, место которого в структуре атома указал впоследствии Э. Резерфорд.

Таков научный базис электроники, созданный и непрерывно развиваемый учеными Европы, Америки и России.

На его основе в 1896 г. А. С. Попов изобрел радио и много сделал для его развития и практического внедрения в России, привлекая и зарубежные фирмы. Но преждевременная смерть 31 декабря 1905 г. (13 января 1906 г. по новому стилю) после очередной беседы на повышенных тонах в Министерстве внутренних дел, прервала его деятельность. Ему было 46 лет. Всего за четыре дня до смерти он был избран председателем физического отделения Русского физического общества — высшая честь, которой мог удостоиться электроинженер Александр Степанович Попов, изобретатель радио.

В Европе и США огромную роль в развитии радио сыграл выдающийся топ-менеджер Гульельмо Маркони, скомпилировавший изобретения передовых для того времени ученых и организовавший производство и применение средств радиотехники.

## 2.2. Искровая электроника

### Предыстория искровой электроники

Выше мы говорили о создании теоретического фундамента электроники. Ее практическое зарождение и развитие происходило не менее динамично. Началом истории практической электроники можно считать открытие и изучение свойств электромагнитных волн, теоретически предсказанных М. Фарадеем и Дж. Максвеллом и практически доказанных Г. Герцем, опыты которого повторяли многие ученые (рис. 2.2).

В 1893 г. английский физик О. Лодж разработал весьма удачный индикатор электромагнитных волн, основанный на использовании металлических опилок. Свойство металлических порошков менять свои электрические свойства под действием электромагнитных волн на протяжении XIX в. обнаруживалось неоднократно, но вначале воспринималось лишь как любопытное, но бесполезное физическое явление. В 1890—1891 гг. французский физик Э. Бранли достаточно глубоко исследовал различные порошки и опилки, помещенные им в изолирующую трубку с металлическими выводами по концам. Оказалось, что под действием электромагнитных волн электрических разрядов порошки и опилки резко увеличивают электропроводимость — спекаются, сохраняя спеченное состояние. Для вос-

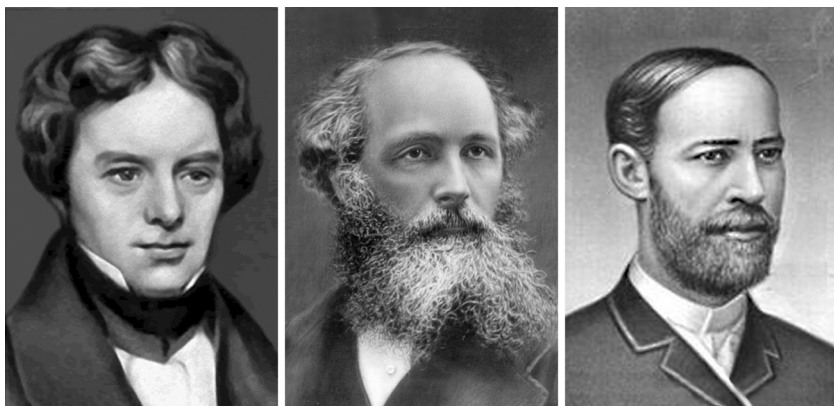


Рис. 2.2. Майкл Фарадей, Джеймс Клерк Максвелл и Генрих Рудольф Герц

становления свойств порошка его нужно встряхивать — разрушить спекание. Свой прибор для демонстрации этого свойства Бранли назвал радиокондуктором, но в научную литературу он вошел как трубка Бранли. Оливер Лодж, воспроизводя и совершенствуя опыты Герца, доработал «радиокондуктор» и в 1893 г. сконструировал прибор, названный им когерером (сцепителем), ставший основой будущих первых радиоприемников.

В начале 1894 г. О. Лодж выступил в Британской Академии наук с большим докладом о научном наследии недавно умершего Г. Герца. Ученые были поражены теми достижениями, каких добился Лодж в демонстрации электромагнитных волн. Использование им когерера позволило демонстрировать опыты сразу большой аудитории, ранее эксперимент нужно было рассматривать только индивидуально, в лупу.

Но Лодж, как и Герц и Бранли, будучи теоретиком и экспериментатором, абсолютно не думал о практическом применении своего прибора и не пошел дальше лекционных публичных опытов, хотя был в одном шаге от изобретения радио. Лишь 30 лет спустя Лодж признался в своей оплошности и с горечью подтвердил, что мысль о беспроводном телеграфировании с помощью электромагнитных волн у него не возникла.

Исследованиями электромагнитных волн занимались также Н. Тесла, Д. Минчин, О. Лодж, А. Риги, Ф. Браун, А. Слаби, А. Г. Столетов, Н. Г. Егоров и другие физики мира. Многие из них, как только статья Лоджа с изложением его памятного доклада и комментариями появилась в июльском номере журнала «Electrician», повторили его опыт. Среди них был и преподаватель минного офицерского класса в Кронштадте А. С Попов (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Александр Степанович Попов



## Изобретение радио

*«Я — русский человек, и все свои знания, весь свой труд, все свои достижения имею право отдать только моей Родине. Я горд тем, что родился русским. И если не современники, то, может быть, потомки наши поймут, сколь велика моя преданность нашей родине и как счастлив я, что не за рубежом, а в России открыто новое средство связи».*

А. С. Попов

Александр Степанович Попов (1859—1906), будучи работником Морского ведомства, хорошо знал о насущной потребности флота в средствах дальней связи, а как хороший физик он был прекрасно осведомлен обо всех достижениях в области использования электромагнитных волн. В течение семи лет он искал решение проблемы их использования для дальней связи.

А. С. Попов понимал, что для создания беспроводных средств связи нужно решить две важные технические задачи: увеличить чувствительность когерера и создать устройство, автоматически возвращающее когереру его чувствительность после приема каждого сигнала. Для решения первой задачи Поповым был разработан специальный когерер (рис. 2.4), значительно более чувствительный и устойчивый в работе, чем у Бранли. Вторая задача была решена применением электрического звонка, молоточек которого при прямом ходе ударял по чашечке звонка, создавая звук, сигнализирующий о получении сигнала, а при обратном ходе ударял по когереру и встряхивал его, разрушая связь между опилками.

25 апреля (7 мая по новому стилю) 1895 г. на заседании Русского физико-химического общества (РФХО) в ходе обстоятельного доклада А. С. Попов впервые продемонстрировал работу своего «прибора для обнаружения и регистрирования электрических колебаний». Прибор откликался на посылки волн от «герцевого вибратора»,



Рис. 2.4. Когереры Э. Бранли и А. С. Попова (справа)

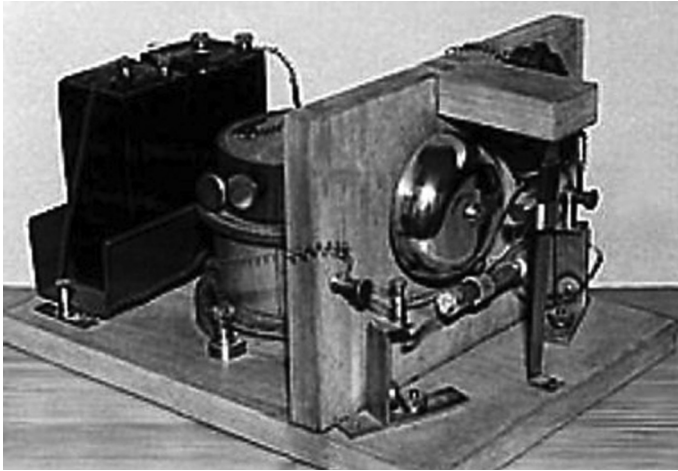


Рис. 2.5. Радиоприемник А. С. Попова, первый в мире [5]

возбуждаемого катушкой Румкорфа, на расстоянии 25 м. Это была демонстрация первого в мире радиоприемника, открывшего эру радио (рис. 2.5). В первом номере за 1896 г. «Журнала РФХО», имевшего международную рассылку, была опубликована статья о радиоприемнике А. С. Попова и проведенных с ним опытах.

Радиопередатчики А. С. Попова были искрового принципа действия на основе катушки Румкорфа. Они были очень просты по конструкции, излучателем радиоволн служил кратковременный искровой разряд, а модулятором являлся телеграфный ключ. С помощью такого радиопередатчика информация передавалась в кодированной дискретной форме — например, азбукой Морзе или иным условным сводом сигналов. Недостатками такого радиопередатчика были относительно высокая мощность, требуемая для эффективного излучения радиоволн искровым разрядом, а также очень широкий радиочастотный диапазон излучаемых им волн. В результате одновременная работа нескольких близко расположенных искровых передатчиков были практически невозможной из-за интерференции их сигналов. И они позволяли передавать только дискретные телеграфные сигналы (есть сигнал — нет сигнала). Передача аналоговых, например речевых, сигналов с помощью искр электрических разрядов была практически невозможна, хотя попытки, в том числе А. С. Поповым, предпринимались, но к удовлетворительным результатам не привели.

Еще обрабатывая схему, Попов обнаружил, что дальность действия значительно увеличивается в случае присоединения к когереру специального длинного и поднятого над землей провода. Так появилась первая антенна — существеннейшая часть любой радиостанции, хотя сам Попов не считал себя изобретателем антенны, отдавая приоритет Николе Тесла. Поповым же было применено заземление другого конца когерера. Он предложил придавать передаваемым сигналам определенную длительность (точки — тире) и с помощью азбуки Морзе передавать сообщения без проводов.

12 (24 по новому стилю) марта 1896 г. А. С. Попов на заседании Физического отделения РФХО продемонстрировал первый в мире радиообмен смысловой радиограммой на расстоянии около 250 м, содержащей всего два слова: *«Генрих Герц»*. Это была дань уважения памяти великого ученого, открывшего дверь в мир радио, а вместе с ним и в мир электроники. Свое выступление Александр Степанович закончил словами: *«В заключение могу выразить надежду, что мой прибор при дальнейшем усовершенствовании его сможет быть применен в передаче сигналов на расстояние при помощи быстрых электрических колебаний, как только будет найден источник таких колебаний, обладающий достаточной энергией»*.

Сущность своего изобретения А. С. Попов изложил в подробной статье, написанной в декабре 1895 г. и опубликованной в январском номере «Журнала РФХО» (1896 г.), а также в журналах «Электричество» (1896, № 13—14) и «Метеорологический вестник» (1896, № 3). Рефераты статьи публиковались в различных иностранных журналах.

В 1899 г. А. С. Попов разрабатывает первую схему детекторного радиоприемника на базе оригинального диода собственной конструкции с использованием полупроводникового эффекта. Конструктивно детектор Попова был очень похож на когерер (стеклянная трубка с платиновыми выводами, заполненная мелкими стальными зернами), но не требовал встряхивания, и чувствительность его была в несколько раз выше, чем у когерера. В 1900 г. А. С. Попов создает первый в мире твердотельный детектор. На этих приборах мы остановимся подробнее в разделе «Полупроводниковые диоды». А. С. Попов не взял патента на радиосвязь, потому что желал сделать свое изобретение достоянием людей всех стран, а не превращать его в источник наживы. Так нас учили в советской школе.

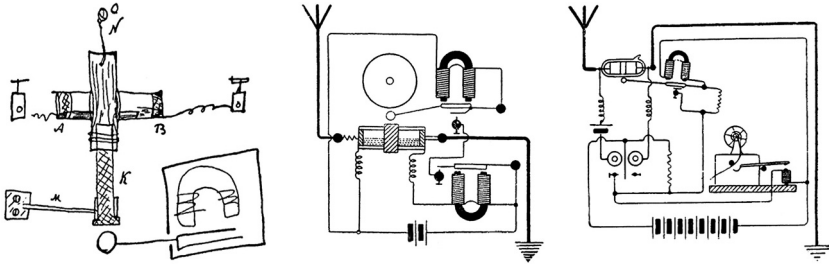


Рис. 2.6. Эскиз и схема радиоприемников А. С. Попова и Г. Маркони (справа)

В июне 1896 г. (через год после демонстрации приемника А. С. Попова) патент на изобретение радио получил живший в Великобритании итальянец Гульельмо Маркони. Ему удалось взять патент на свою систему связи лишь в Великобритании (английское патентное право считало новшеством все то, что еще не было запатентовано на территории Соединенного Королевства. Остальной мир его не интересовал). Ни в одной другой стране ему патента не выдали, так как для этого требовалась действительная новизна, а работы А. С. Попова тогда были хорошо известны специалистам. На рис. 2.6 для сравнения показаны схемы радиоприемников А. С. Попова и Г. Маркони.

### *О роли пиара в науке и жизни*

Западный мир изобретателем радио однозначно считает Г. Маркони, о А. С. Попове там, как правило, даже не упоминают. Это типичное проявление многовекового противостояния Европы и России. «Просвещенный Запад» исторически к российским приоритетам относится весьма болезненно — их обыкновенно стараются не замечать. Но это и интересная история. Долгие годы заносчивая Европа и нахальная Америка знали, что Г. Маркони первым получил патенты на изобретение радио. То, что эти патенты были получены только в Великобритании, а другие страны отказались признать его приоритет, давно забыто. И самих патентов практически никто не видел — они более 100 лет находились в закрытом хранении в фирме, основанной Маркони. Фактически была известна легенда, в которую многие поверили. Истина, как обычно бывает, оказалась далека от легенды. Открылась она лишь в 2004 г., когда патенты Г. Маркони стали доступны. Мы здесь не будем заниматься их подробным анализом, это прекрасно сде-

лал до нас В. Д. Меркулов. Читатель может познакомиться с результатами его исследований в Интернете или публикациях, приведем лишь главное из его исследований.

В июне 1896 г. Маркони подает предварительную заявку на изобретение «прибора, способного обнаруживать и регистрировать электрические колебания высокой частоты, передаваемые через воздух, сушу и воду».

Приоритет Г. Маркони впервые закреплен патентом Британского патентного бюро от 2 июля 1897 г. за № 12039, озаглавленным «Усовершенствования в передаче электрических импульсов и сигналов и в аппаратуре для этого». «Как следует из пояснительного текста, под «усовершенствованиями» понимаются предложения по распространению электромагнитных колебаний (ЭМК) высокой частоты не только по воздуху, но и сквозь землю и воду [6] (заметим для гуманитариев, что ЭМК «сквозь землю и воду» не проходят, они в них стремительно затухают, о чем уже тогда знали серьезные физики).

Под «аппаратурой для этого» подразумеваются реализующие идею конкретные устройства по передаче и приему сигналов через воздух, землю и воду. Противоречащие законам физики намерения автора использовать землю и воду проводниками ЭМК перешли и в окончательный текст патента, утвержденный через 13 месяцев (2 июля 1897 г.), в виде подробного изложения принципов действия придуманных и нереальных приборов. Указанная заявка, местами похожая на декларацию о намерениях, самим Маркони была провозглашена как исходная и базовая в решении вопросов и развертывании беспроводной телеграфии.

По прошествии довольно короткого времени теоретические и инженерные несуразицы в тексте патента и сопроводительных чертежах были «осмыслены», поэтому документ передали на закрытое хранение в созданную Маркони частную компанию MARCONIES WIRELESS TELEGRAPH Co (MWTCo). В последующие более чем 100 лет заявку № 12039 никому не показывали». Вместе с тем в отдельных случаях в кругу осведомленных специалистов Маркони вынужденно признавал научную и техническую несостоятельность, проявленную им в начальной работе. Так, например, 11 декабря 1909 г. в лекции на церемонии присуждения ему Нобелевской премии он сказал: «Я полагаю, что были веские основания для так часто слышимой

*критики имеющегося в моем первом английском патенте от 2 июня 1896 г. утверждения относительно эффекта трансляции сигналов через землю или воду» [6].*

Последующие патенты Г. Маркони также находились в закрытом хранении, обществу лишь сообщалось об их наличии. В. Д. Меркулов внимательно изучил патенты Г. Маркони и пришел к однозначному выводу — в его патентах закреплялся «приоритет» Г. Маркони на различные технические решения, ранее него апробированные и обнародованные другими учеными: Э. Бранли, О. Лоджем, Н. Тесла, А. С. М. Поповым, К. Брауном и др. Практически ни в первых патентах Г. Маркони, ни в его практической деятельности того периода инженерных решений на уровне изобретений нет, есть удачные компиляции идей и решений других ученых. Напротив, в патентах встречаются технические несуразицы, типа упомянутой нами выше радиосвязи *«сквозь землю и воду»*. Иначе говоря, первые патенты Г. Маркони — откровенный и некачественный плагиат, возможный только благодаря особенностям британского патентного права тех времен. Именно поэтому на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. золотой медали и почетной грамоты *«За аппаратуру, лучшим образом проявившую себя в эксплуатации»* был удостоен А. С. Попов [6] (рис. 2.7) — тогда в Европе еще помнили истинное положение вещей.

А последующее признание Г. Маркони в качестве изобретателя радио — результат прекрасно организованной им в средствах массовой информации пиар-компании со ссылками на патенты, которых никто не видел. В соответствии с этим пиаром Г. Маркони нигде и никогда в своих бесчисленных публичных выступлениях за 40 лет не упоминает имени А. С. Попова, как будто бы оно ему вообще не известно, перечисляя в то же время других своих предшественников.

Однако это нисколько не умоляет роль Г. Маркони в развитии радио в Западной Европе и Северной Америке. Но она не в том, что он его якобы изобрел, *«его бесспорной заслугой остается развитие действенной инициативы, а также и то, что он сразу и смело перевел на практическую почву то, что другим представлялось в виде неопределенных образов»*. *«В полной мере его способность изобретателя проявляется в преодолении бесчисленных практических трудностей и в массе подробностей и дополнений, которые, как бы*

ни казались они в отдельности незначительными, для практического успеха необычайно важны» [6].



Рис. 2.7. Почетная грамота А. С. Попова на Всемирной выставке в Париже [6]

Таким образом, то, чему нас с детства учили в советской школе, оказалось истиной — радио действительно изобрел Александр Степанович Попов. А Россия была в группе лидеров в создании и развитии радиосвязи.

С весны 1897 г. А. С. Попов вынес свои опыты на корабли Балтийского флота и летом, выходя в море, получил надежную связь на расстоянии около 5 км между транспортом «Европа» и крейсером «Африка». В 1898 г. новый передатчик был испытан на миноносце № 115. Во время этих испытаний изобретатель сделал еще одно очень важное открытие: он обнаружил, что электромагнитные волны отражаются от кораблей. Это открытие явилось основой, на которой затем развилась новая отрасль радиотехники — радиолокация.

В 1899 г. А. С. Попов отказался от звонка и ненадежного когерера, заменив их соответственно головными телефонами и полупроводни-

ковым диодом К. Ф. Брауна. Это существенно упростило приемник и повысило надежность связи.

Осенью 1899 г. броненосец «Генерал-адмирал Апраксин» наскочил на подводные камни у острова Гогланд и был скован льдами. А. С. Попову было поручено установить связь с броненосцем. До этого времени ему удавалось устанавливать связь на расстоянии не более 30 км, а здесь расстояние было свыше 40 км. Такая связь на расстоянии более 40 км была налажена и бесперебойно работала в течение всей спасательной операции (рис. 2.8, 2.9).

И не только. Благодаря этой связи были спасены рыбаки, унесенные в море на оторвавшейся льдине. Вышедший по радиogramме ледокол «Ермак» разыскал рыбаков и спас их. В те дни все газеты мира подробно сообщали об этом событии, прославляя новое средство связи и его изобретателя А. С. Попова.

Этот случай убедительно доказал огромное значение радиотелеграфа. Попову на его радиоприемник с телефонными трубками были выданы патенты в России, Англии, Франции и других странах.

Иностранные фирмы не раз пытались переманить талантливого ученого, суля ему огромные деньги и обещая прекрасные условия ра-



Рис. 2.8. Первая в мире практическая линия радиосвязи А. С. Попова между островами Кутсало и Гогланд [7]



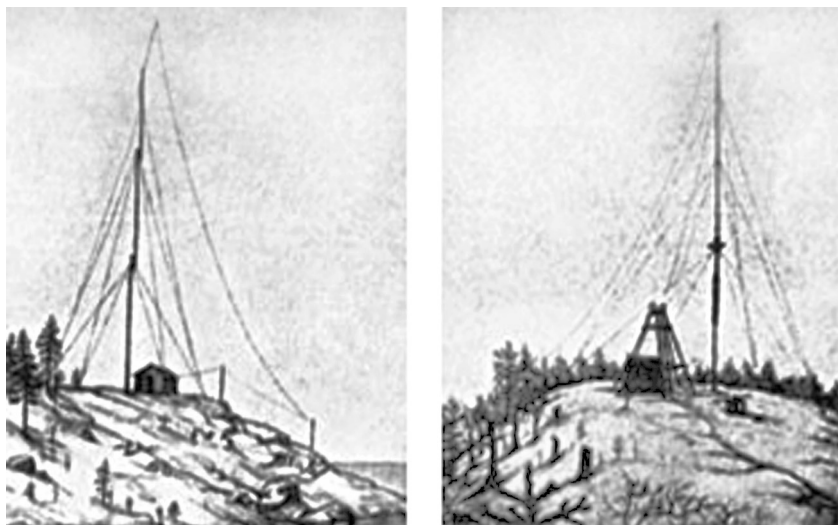


Рис. 2.9. Искровые радиостанции на островах Гогланд (слева) и Кутсало [4]

боты. Но Александр Степанович неизменно отвечал: *«Я русский человек, и все мои знания, весь свой труд, все мои достижения имею право отдать только моей Родине...»*

С тех пор радиотехника развивалась стремительными темпами. Через пять лет, в 1900 г., беспроводный телеграф как штатное средство связи был принят на вооружение русского флота. Довольно скоро методы и технологии радиотехники нашли применение в других областях науки и техники: системах управления, информационных системах, в вычислительной технике и т. п. В результате родилась и получила бурное развитие новая отрасль — электроника, занимающаяся созданием и производством радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) различного назначения: военной, промышленной и потребительской.

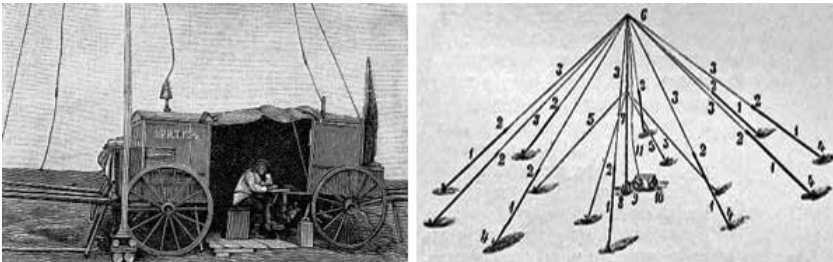
Первые радиоприборы А. С. Попова и Г. Маркони в качестве радиопередатчика использовали вибратор Герца (вырабатывающий электрическую искру, излучающую затухающие электромагнитные волны), а в качестве приемника радиосигнала — модифицированные когереры Э. Бранли. Для восстановления чувствительности когерера в конструкции радиоприемников и А. С. Попова, и Г. Маркони предусмотрен молоточек, ударяющий по когереру после приема каждого

**Таблица 2.1.** Динамика роста количества искровых радиостанций всех типов во всех ведомствах России с 1895 по 1913 г. [4]

Фирмы-поставщики	Число радиостанций (процент от общего количества за отмеченный период)		
	1895—1905	1906—1913	1895—1913
Кронштадтская мастерская — Радиотелеграфное депо (завод)	54 (50,9)	99 (17,7)	153 (23,1)
Фирма «Дюкрете» (Париж), проект «Попов-Дюкрете-Тиссо»	25 (23,6)	—	25 (3,8)
РОБТиТ (Русское общество беспроволочных телеграфов и телефонов, ныне ФГУП «НИИ «Вектор»)	—	160 (28,7)	160 (24,1)
АО Русских электротехнических заводов «Сименс» и Гальске» (ныне ОАО «Завод «Севкабель»)	27 (25,5)	298 (53,6)	325 (49)
Всего:	106 (100)	557 (100)	663 (100)

сигнала. А. С. Попов в своем когерере увеличил площадь контактирования опилок с внешними выводами, что значительно повысило чувствительность прибора.

Искровое радиотелеграфирование достигло своего наивысшего развития в годы Первой мировой войны. 100-киловаттные радиостанции под Петербургом, в Москве и других городах России, искровые и дуговые радиостанции других стран сделали возможными передачи радиосообщений телеграфом практически на любые расстояния. Однако это были лишь правительственные, военные, ком-



**Рис. 2.10.** Армейская полевая радиостанция РОБТиТ (слева) и ее зонтичная антенна, 1910 г. [4]

мерческие и другие специальные сообщения, обмен которыми был доступен узкому кругу пользователей.

В табл. 2.1 приведены данные о комплектации всех ведомств Российской империи искровыми радиостанциями. В основном они производились в России, за исключением парижской фирмы «Дюкрете». Но и там выпускалась электростанция по проекту А. С. Попова и было их всего 3,8% от общего количества.

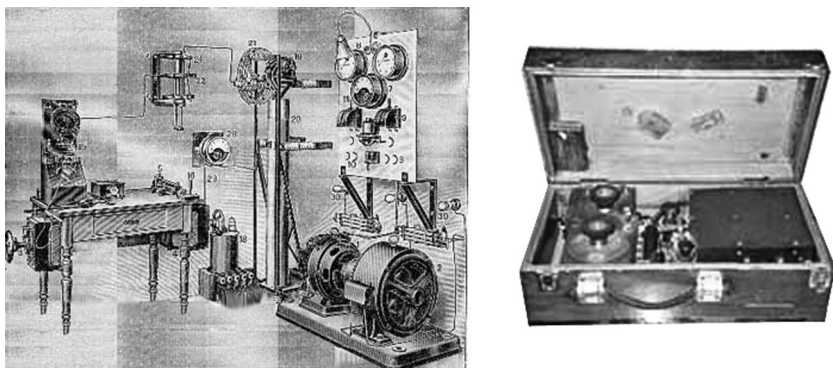


Рис. 2.11. Общий вид искровых стационарной (слева) и портативной радиостанций РОБТиГ [4]

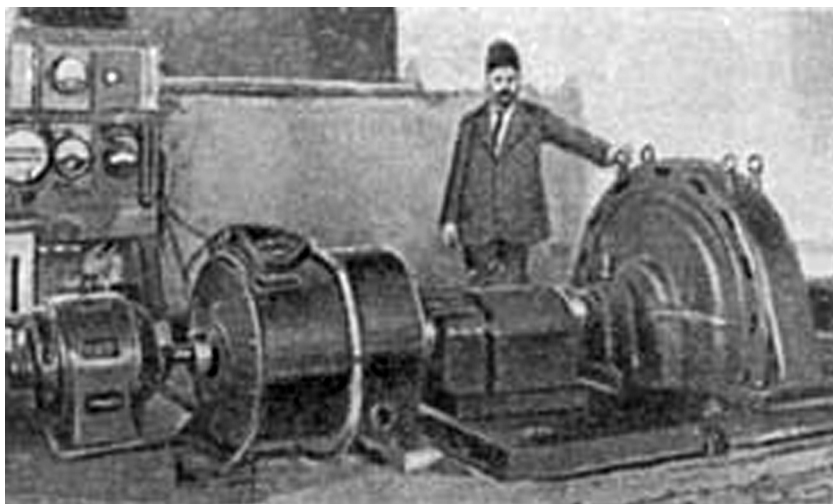


Рис. 2.12. Машина высокой частоты мощностью 50 кВт, установленная на Октябрьской радиостанции. На заднем плане В. П. Вологдин

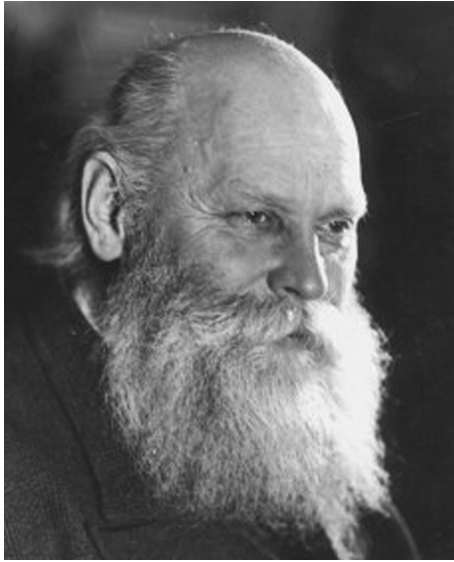


Рис. 2.13. В. П. Вологдин

На рис. 2.10 и 2.11 приведены фотографии искровых радиостанций РОБТиГ.

Первая попытка передачи речевых сообщений по радио была предпринята А. С. Поповым в 1903 г. совместно с молодым московским физиком С. Я. Лифшицем. В 1904 г. они демонстрировали передачу речи более чем на 2 км. Опыт с Маркони не был забыт. Но работу А. С. Попов закончить не смог, 31 декабря 1905 г., в возрасте 46 лет, Александр Степанович ушел из жизни.

В 1914 г. Н. Д. Папалекси и М. В. Шулейкиным в Петербурге были проведены работы по радиотелефонии с помощью высокочастотной машины В. П. Вологодина (рис. 2.12, 2.13), заменившей кратковременные искровые многочастотные сигналы непрерывным с относительно фиксированной частотой. Это позволило достичь дальности связи 25 км, но качество передачи речи все равно было весьма далеким от приемлемого.

Фактически на этом развитие искровой электроники достигло своего предела и закончилось. Но физики уже подготовили теоретическую и практическую базу — вакуумные приборы.

### 2.3. Этапы (поколения) развития электроники

До начала 60-х гг. прошлого века электроника имела исключительно дискретный характер электронной компонентной базы (ЭКБ). ЭКБ характерны тем, что каждый прибор выполнен в виде отдельного неделимого физического объекта, являющегося товарной продукцией для одних производителей и покупным комплектующим изделием для других (производящих электронную аппаратуру — ЭА). При ремонте аппаратуры может быть заменен любой дискретный элемент.

Дискретные ЭКБ отличаются еще и функциональной простотой — это монофункциональные приборы. И пассивные элементы (резисторы, конденсаторы, дроссели, трансформаторы, переключатели, соединители, индикаторы, линии задержки), и активные элементы (вакуумные и полупроводниковые приборы) — все они выполняют одну, каждый свою простую функцию. Главные проблемы их развития — это технологии, материалы и конструкция. И их для каждого вида элементов множество. По мере их развития размеры пассивных элементов уменьшаются, а качество, надежность и долговечность увеличиваются. И наконец, неизбежно наступает момент, когда появляются конструктивно-технологические условия для объединения, интеграции все увеличивающегося количества однотипных или разнотипных элементов в одном, функционально более сложном конструктивно едином изделии ЭКБ, изготавливаемом в едином технологическом цикле. Так рождается интегральный электронный элемент, получивший название «интегральная схема» (ИС), или «микросхема». Так и случилось.

В 1962 г. в США и СССР началось серийное производство интегральных схем (ИС), представляющих собой многоэлементные изделия, выполняемые в едином технологическом цикле в виде отдельного неделимого и неремонтируемого физического объекта. Как и дискретный элемент, ИС является товарной продукцией для одних производителей и покупным комплектующим изделием для производителей РЭА. При ремонте аппаратуры может быть заменена только ИС в целом, замена отдельного ее элемента невозможна. Область электроники, занимающаяся созданием и тиражированием ИС, называется микроэлектроникой.

Появление микроэлектроники взломало установленное в нашей стране тех лет межотраслевое распределение труда, при котором аппаратуру разрабатывали и производили аппаратные ведомства, а ЭКБ для них — Минэлектронпром. То, что ранее аппаратурщики делали на печатной плате в виде ячеек по сборочной технологии, теперь стал делать Минэлектронпром на подложке гибридной или в кристалле полупроводниковой ИС (на них подробнее мы еще остановимся). И по мере развития технологии ИС их функциональная сложность постоянно растет. Сначала ИС выполняли функции простых логических или аналоговых элементов, затем регистров, арифметических устройств, процессоров, компьютеров, систем на кристалле... Изначально основное применение ИС было в вычислительной технике. Но затем вычислительная техника через микроэлектронику стала проникать в различные электронные системы, применяемые в самых разнообразных сферах жизнедеятельности человека. Сейчас каждого человека повседневно и повсюду окружает множество изделий вычислительной техники, изготовленных по технологии микроэлектроники. По несколько встроенных компьютеров имеется в каждом сотовом телефоне, в ноутбуке, планшете, электронной игре... Имеются свои компьютеры в часах, холодильниках, бытовых печах, в швейных машинах... Они повсюду. И сделаны они микроэлектроникой. Поэтому говорить об истории и основах микроэлектроники и не сказать об истории и основах вычислительной техники (кстати, тоже подмножество из множества электроник) невозможно. Что мы в последующих главах и сделаем. А пока вернемся в электронике.

Этапы (или поколения) развития электроники и соответствующие им поколения ЭКБ и ЭА полностью определялись активной электронной компонентной базой. Насчитывается шесть таких поколений:

Дискретная электроника:

0. Искровые приборы, искровое и дуговое радиотелеграфирование — искровая электроника, нулевое поколение.
1. Электровакuumные приборы — ламповая электроника, первое поколение.
2. Полупроводниковые приборы — полупроводниковая электроника, второе поколение.

Интегральная электроника (микроэлектроника, наноэлектроника):

3. Интегральные схемы малой и средней степени интеграции (ИС и СИС) — интегральная электроника.
4. Интегральные устройства (большие интегральные схемы — БИС) — микропроцессорная электроника.
5. Наноэлектроника.

Эти этапы, или поколения, несколько условны, применяются в основном для вычислительной техники, а для электроники в целом не являются общепринятыми. Но на их основе оказалось удобно компоновать материал книги.

Эти поколения последовательно появлялись в соответствии с естественным развитием науки и техники. Но все они, кроме первого, не отмирали с появлением следующего, а продолжали развиваться параллельно, каждое в своей области применения.

# ГЛАВА 3

## I-е ПОКОЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

### 3.1. Ламповая электроника

#### Предыстория ламповой электроники

Осуществление качественной передачи речи, а затем и музыки оказалось возможным лишь с созданием высокочастотных генераторов непрерывных незатухающих колебаний на базе электронных ламп, которые достигли определенной «технической зрелости» только к началу 20-х гг. прошлого века.

Начало ламповой электроники можно отсчитывать с 1881 г., когда Эдисон впервые обнаружил явление термоэлектронной эмиссии. Проводя эксперименты с угольными лампами накаливания, он построил вакуумную лампу, содержащую, кроме угольной нити К (катод), еще металлическую пластинку А (анод), от которой был выведен проводник П (рис. 3.1). Если к такому прибору подключить источник электропитания положительным полюсом к аноду, через гальванометр Г идет ток, при обратной полярности ток не идет. Это явление было названо эффектом Эдисона. Явление испускания электронов раскаленными металлами и другими телами в вакууме или в газе было названо термоэлектронной эмиссией. Фактически Эдисон изобрел диод, но ни он сам, ни другие этого не заметили.

В 1904 г. английский радиоспециалист Джон Флеминг окончательно

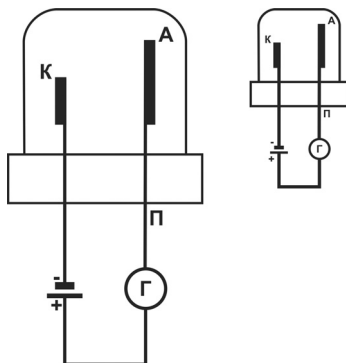


Рис. 3.1. Диод Эдисона



но изобрел вакуумный диод, названный им пустотным клапаном, и предложил использовать его для детектирования радиосигналов, т. е. выделения полезного звукового (низкочастотного) сигнала из несущего высокочастотного радиосигнала. Диод Флеминга представлял собой стеклянный баллон с впаянной в него нитью накаливания (катод), окруженной металлическим цилиндром (анод) (рис. 3.2). Под действием высокой температуры катод излучал (термоэмиссия) электроны. При подаче на анод положительного относительно катода напряжения электроны устремлялись к аноду, через лампу протекал ток. При подаче отрицательного напряжения электроны отталкивались от анода к катоду. Таким образом, диод пропускал ток только в одном направлении. Фактически это была экспериментальная лампа Эдисона, отличающаяся металлическими катодом и формой анода, но Флеминг нашел ей практическое применение в качестве детектора.

В 1906 г. американский инженер Ли де Форест поместил между катодом и анодом третий электрод, названный «сетка». Он и выполнен был в виде близко к катоду расположенной редкой сетки, через которую могли свободно пролетать электроны. При подаче на сетку положительного напряжения электроны ускоряются и большее их количество достигают анода. При подаче отрицательного напряжения часть или все электроны (в зависимости от величины напряжения) отталкиваются назад к катоду. В результате слабые изменения напряжения на сетке приводят к заметному изменению тока лампы, т. е. лампа работает как усилитель тока. Вначале триод использовался

в качестве детектора и усилителя, но в дальнейшем стал основой генераторов синусоидальных электрических колебаний. Так появилась трехэлектродная лампа, названная Форестом аудионом, поскольку предназначалась им для усиления сигналов звуковой частоты (рис. 3.3).

Единой терминологии тогда не было и наряду с аудионом лампу называли вакуумной трубкой, в России — катодным реле, но повсеместно прижилось короткое слово «триод». Это был основной элемент ламповой



Рис. 3.2. Первый ламповый диод Флеминга

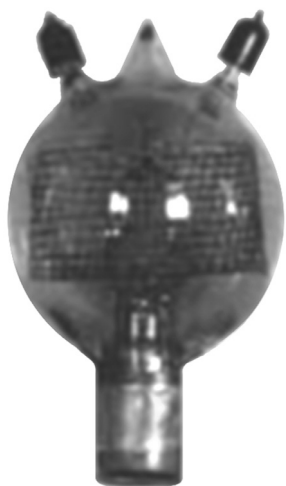
электроники. Позже в электронной лампе появились и четвертый и пятый электроды (тетрод и пентод), но они только корректировали характеристики лампы, в основном частотные. Немцы изобретателем электронной лампы считают Роберта Либена, в том же 1906 г. сделавшего свой вариант триода. Но официально приоритет изобретения электронной лампы в 1916 г. закреплен патентом за создателем вакуумного диода Дж. Флемингом. Первое применение электронных ламп было в радиосвязи и радиовещании, поэтому их часто называли радиолампами.

Основными физическими принципами работы электронной лампы были термоэмиссия электронов из катода и управление их движением к аноду при помощи переменных или постоянных электрических напряжений, подаваемых на сетки лампы. Только на разогрев катода лампы потребляли 2—3 Вт энергии, и они нагревались не менее, чем осветительные лампы накаливания. Бомбардировка анода электронами нагревает его до красного каления также с выделением тепла. И если лампы в радиоприемниках не требовали особых мощностей и охлаждались при помощи естественной вентиляции приемника (ограничивая его минимальный размер), то для генераторов передатчиков потребовались значительно большие мощности, измеряемые многими киловаттами. Возникла задача охлаждения баллонов и электродов генераторных ламп. Среди первых простейших ламп с принудительным охлаждением можно отметить триоды Ли де Фореста и Никольсона 1915—1916 гг. с воздушным и водяным охлаждением.

Первые русские генераторные лампы были построены в 1914 г. Н. Д. Папалекси для радиотелефонного передатчика в Царском Селе. Лампы были газонаполненные (с ртутью), изготовлено их было немного, только для своего передатчика. В 1914 г. создается Тверская радиостанция международных сношений для связи с союзниками в Первой мировой войне (французами и англичанами) и для слежения за передачами немецких радиостанций. Там в группе инженеров рабо-



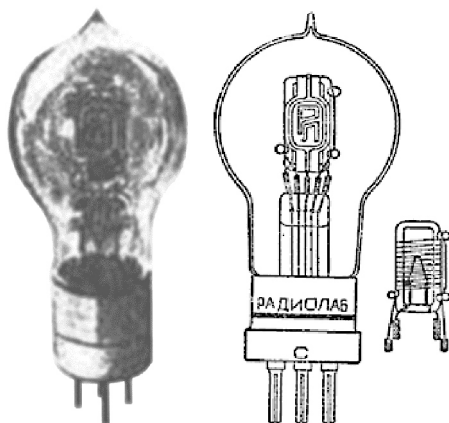
Рис. 3.3. Аудион Фореста



**Рис. 3.4.** Первая российская электронная лампа «Бабушка»

тал М. А. Бонч-Бруевич. В 1916 г. им удалось собрать первую российскую промышленную электронную лампу, названную «Бабушка» (рис. 3.4), и с ее помощью «поймать» заграничные станции. Всего таких ламп сумели сделать около 3000 штук.

Летом 1918 г. Тверская лаборатория была переведена в Нижний Новгород и на ее основе создана Нижегородская радиолaborатория (НРЛ), ставшая первым в СССР научно-исследовательским и производственным центром в области радиотехники. Именно здесь были разработаны лампы с внешним анодом и водяным охлаждением, принципиально отличные от ламп Ли де Фореста и Никольсона. Разработчиком их стал научный руководитель НРЛ М. А. Бонч-Бруевич. Первые генераторные лампы РП-1 (рис. 3.5), названные пустотными реле, в НРЛ были созданы в 1919 г. на основе «Бабушки». Осенью 1920 г. радиостанция мощностью 5 кВт была установлена на Ходынском поле в Москве для организации первого в мире телефонного моста Москва — Берлин. Однако диалога не получилось, так как Берлин голос Москвы слышал, но от-



**Рис. 3.5.** Первый серийный советский триод РП-1

ветить не мог. Фирма «Телефункен» только в октябре 1923 г. создала достаточно мощный телефонный передатчик, да и то не на электронных лампах, а на основе машины высокой частоты.

Созданная в НРЛ в конце 1920 г. лампа мощностью 1,25 кВт стала базовой при строительстве радиовещательной станции, начавшей работать в августе 1922 г. в Москве. Центральная радиотелефонная станция имени Коминтерна, названная позднее «РВ-1», имела мощность 12 кВт, отдаваемую 12 генераторными лампами, включенными параллельно. Еще 12 таких же ламп использовались в модуляторе этого передатчика. Станция работала на волне 3200 м. Предусматривался телеграфный режим работы, при котором мощность повышалась до 20 кВт. РВ-1 стала самой мощной передающей станцией того времени. В 1922 г. в Германии работала Кенигвустергаузенская станция мощностью 5 кВт, во Франции — Эйфелева башня мощностью 3 кВт, в Нью-Йорке — станция мощностью 1,5 кВт. Все они были радиотелеграфными.

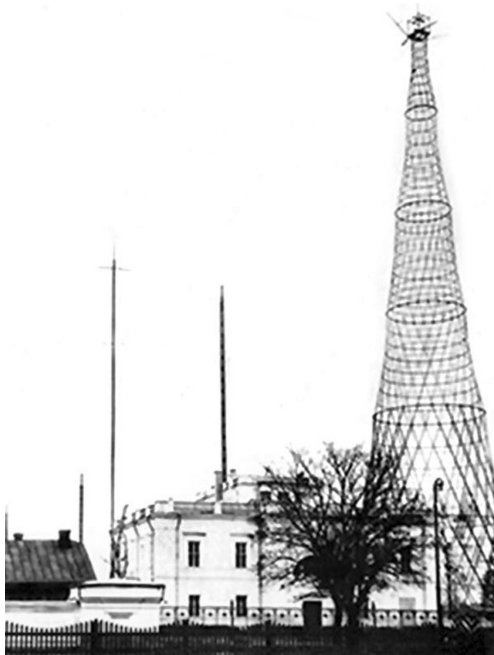


Рис. 3.6. Центральная радиотелефонная станция имени Коминтерна

17 сентября 1922 г. впервые в мире Советская радиотелефонная станция «Коминтерн» (Центральная радиотелефонная станция имени Коминтерна) (рис. 3.6) осуществила радиотрансляцию концерта с зоной покрытия в несколько тысяч километров! Вскоре начались регулярные радиотелефонные передачи из Москвы. Построенная станция работала устойчиво и надежно. Передача продемонстрировала всему миру успехи Советского государства в радиотехнике. Ведь в то время в Германии исследования по радиотелефону еще не выходили из стен лаборатории.

Ее слушают уже не только радисты приемных станций Наркомпочтеля. Появляются в стране и «частные радиоприемные станции» — так поначалу почтительно именовались те первые детекторные приемники, которые стали появляться в пользовании у населения. Тогда же возникает и понятие «радиолубительство». Это новое понятие относилось к любителям, свое свободное время посвящавшим занятиям радиотехникой. Они экспериментировали, строили из подручных средств радиоприемники, а потом, надев наушники и склонившись над своими хитроумными творениями, состоящими из проволочных катушек на картонных цилиндрах и самодельных слюдяных конденсаторов, упоенно слушали голоса в эфире. Нижегородцы многое сделали, чтобы радиолубительство, став массовым движением, пустило прочные корни в стране. Они разработали образцы детекторных приемников не только для заводского выпуска, но и для того, чтобы их можно было делать в домашних условиях.

Наряду с созданием мощных генераторных ламп шло развитие более массовых приемно-усилительных ламп. Первой отечествен-



Рис. 3.7. Конструкции электронных ламп

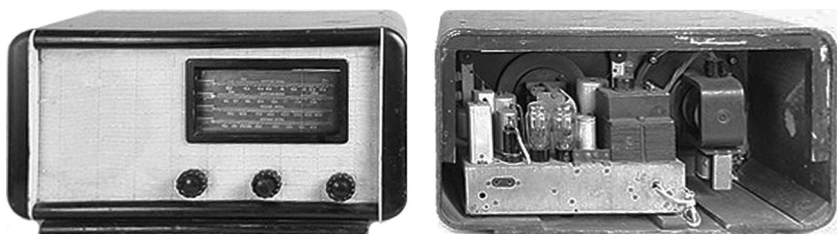


Рис. 3.8. Радиоприемник 6Н-25, 1946 г.

ной массовой радиолампой стал триод прямого накала Р-5 (с 1923 г. П7). В конце 1920-х гг. появились тетроды, а в 1930-е годы произошел буквально прорыв в деле отечественного лампостроения. Массово выпускались триоды, тетроды и пентоды самых различных назначений и конструктивных исполнений: стеклянные, металлические, металлокерамические и т. п., в том числе по две лампы в одном баллоне. Со временем электронные лампы совершенствовались, на смену крупным лампам с пластмассовым октальным (8-штырьковым) цоколем пришли цельностеклянные пальчиковые (7- и 9-выводные), а затем и миниатюрные лампы (рис. 3.7). При этом снижалось их энергопотребление и повышалась плотность компоновки аппаратуры, уменьшались ее размеры.

Первой массовой продукцией потребительской ламповой электроники были радиоприемники. Примером может служить шестиламповый всеволновой радиоприемник 6Н-25 (рис. 3.8), производство которого Новосибирским заводом «Электросигнал» начато в 1945 г. (транзистор изобретен в 1949 г.). Это был настольный ящик весом 14,5 кг, потребляющий около 100 Вт электроэнергии.

Длительное время на основе радиоламп строились устройства и системы для радиосвязи и радиовещания. Но в середине 1930-х гг. специалисты СССР, Германии, Великобритании и Франции нашли способ применения эффекта отражения объектами радиоволн, открытый еще в 1897 г. А. С. Поповым.

Первый успешный эксперимент по обнаружению радиолокационным методом летящего самолета (на высоте 150 м и дальности 600 м) был проведен в СССР 3 января 1934 г.

В 1936 г. советская сантиметровая радиолокационная станция (РЛС) «Буря» (рис. 3.9) засекала самолет с расстояния 10 км.

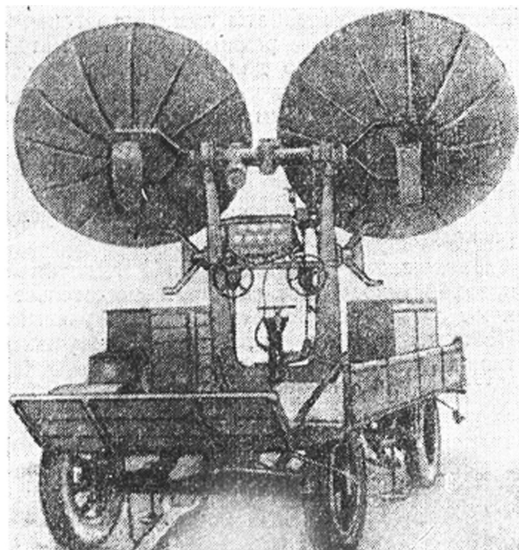


Рис. 3.9. РЛС «Буря», 1936 г.

Первыми РЛС в СССР, выпускавшимися серийно и принятыми на вооружение Рабоче-крестьянской Красной армией в 1939 и 1940 гг., были РУС-1 и РУС-2. Они активно использовались в годы ВОВ.

В США первый контракт на постройку шести опытных станций был заключен в 1939 г., когда в СССР РЛС «РУС-1» уже была принята на вооружение (рис. 3.10). К сожалению и вполне естественно, война на ее первом, сокрушительном для нас этапе затормозила эти работы, но затем они были успешно продолжены.

Первые электронные вычислительные машины (ЭВМ, в современной терминологии — компьютеры) также строились на основе электронных ламп. Далее мы рассмотрим несколько примеров таких ЭВМ.

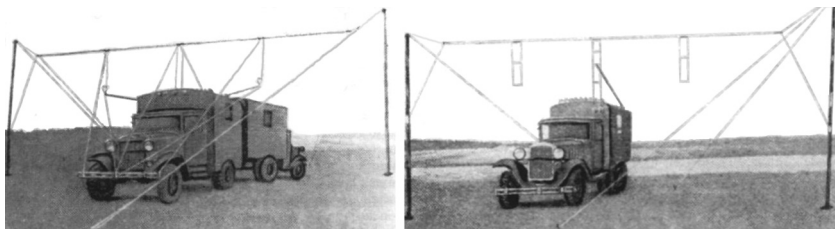


Рис. 3.10. РЛС «РУС-1», передающая (справа) и приемная позиции

Вплоть до 60-х гг. прошлого века электронные лампы являлись основным активным элементом приемников, передатчиков, усилителей, радиолокационных и навигационных систем. Они использовались в медицине, радиоастрономии, телемеханике и вычислительной технике, в научных, измерительных, контрольных и управляющих приборах. Вакуумная радиолампа уступила во многих сферах свое ведущее место бурно развивающимся полупроводниковым приборам и системам, но по-прежнему оставалась основой мощных радиопередающих устройств систем связи и радио- и телевидения.

За долгие годы выпуска электронных ламп в нашей стране был накоплен огромный опыт стандартизации и унификации изделий электронной техники. Впоследствии он был положен в основу технической политики Минэлектронпрома и в других сферах. Например, на основе всего двух базовых конструкций советской промышленностью ежегодно выпускались десятки миллионов штук миниатюрных электронных ламп 134 типов. Всего же на специализированных заводах изготавливалось около 600 типов ламп, которые полностью удовлетворяли все нужды потребителя. Для сравнения: в США разными фирмами для тех же целей производилось около 12000 типов электронных ламп. Это один из примеров удачной реализации потенциальных возможностей действовавшей тогда плановой экономики. К сожалению, чаще эти возможности не работали.



## 3.2. Зарождение вычислительной техники

### Предшественники ЭВМ

Идее какой-либо механизации и автоматизации вычислительных работ многие века, а истории электронной цифровой вычислительной техники на момент написания этой главы (2013 г.) всего 70 лет. Первая из известных цифровых электронных вычислительных машин (ЦЭВМ или ЭВМ, ныне компьютер) Sokossus Mark-1 была построена в Великобритании в 1943 г. А до того многие продвинутые люди изобретали разнообразнейшие ухищрения для упрощения и ускорения счета.

Первым был пальцевый счет, зародившийся вглубине веков или тысячелетий, применяемый до сих пор и, очевидно, бессмертный. В начале VIII в. один из первых математиков Европы Беда Достопочтенный в трактате «О счислении» дал полное описание счета на пальцах до миллиона. Он писал: «В мире есть много трудных вещей, но нет ничего труднее, чем четыре действия арифметики».

### Ручные механические вычислительные приспособления и устройства

От счета на пальцах ведет свое происхождение древняя счетная доска абак (рис. 3.11), основанная на тех же самых принципах. Пальцам рук на ней соответствуют камешки или косточки (калькули), что было гораздо удобнее для больших вычислений — и свои руки свободны, и дополнительные руки не требовались.

Однако абак был неудобен в обращении — калькули рассыпались, терялись. Логично было их закрепить, и их скользяще нанизали на спицы (рис. 3.12).

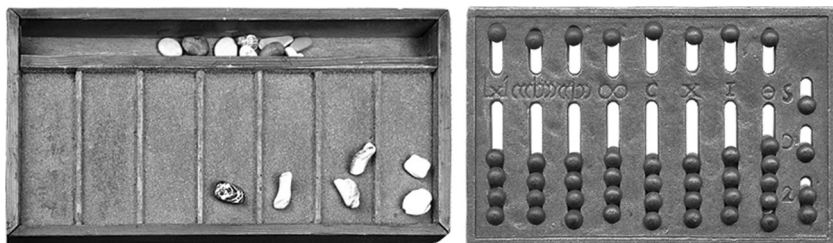


Рис. 3.11. Римский и греческий абак



Суаньпань, Китай, XII век

Соробан, Япония, XIV век

Счеты, Россия, XVI век

**Рис. 3.12.** Суаньпань, соробан и счеты

**Суаньпань** — китайская семикосточковая разновидность абака (счеты). Впервые упоминается в 190 г. н. э. Современный его тип был создан позднее, по-видимому в XII в. Суаньпань представляет собой прямоугольную раму, в которой параллельно друг другу протянуты проволоки или веревки числом от девяти и более. Перпендикулярно этому направлению суаньпань перегорожен на две неравные части. В большом отделении («земля») на каждой проволоке нанизано по пять шариков (косточек), в меньшем («небо») — по два. Проволоки соответствуют десятичным разрядам.

**Соробан** — японские счеты. Происходят от китайского суаньпаня, завезенного в Японию в XVI в.

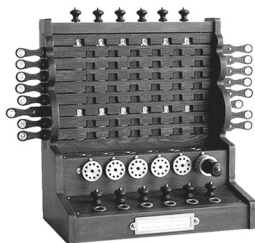
**Счеты (русские счеты)** — простое механическое устройство для выполнения арифметических расчетов, усовершенствованный аналог абака. Русские счеты появились на рубеже XI—XII в. и вплоть до XX в. массово использовались в торговле и в бухгалтерском деле. Лишь в конце XX в. их заменили электронные калькуляторы.

Но человеческий разум неуклонно искал способы «самой трудной задачи». Было разработано множество разнообразных механических вычислительных устройств (рис. 3.13), многие из них получили практическое применение.

В начале XVI в. Леонардо да Винчи нарисовал эскиз тринадцатирядного суммирующего устройства с десятизубыми колесами. По этому эскизу фирма ИВМ в целях рекламы построила работоспособную машину.



Суммирующее устройство  
Леонардо да Винчи,  
начало XVI века



Счетная машина  
Вильгельма Шиккарда,  
1624 г.



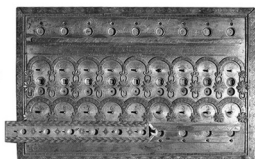
«Паскалина»  
Блезя Паскаля,  
1645 г.



Суммирующая машина  
Самюэля Морленда,  
1666 г.



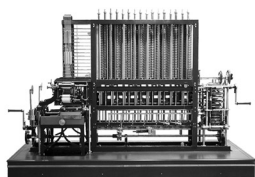
Счетная машина  
Готфрида Лейбница,  
1670 г.



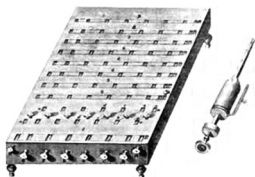
Суммирующая машина  
Евно Якобсона,  
1770 г.



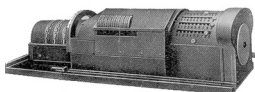
Арифмометр  
Карла Ксавье Томаса,  
1820 г.



Разностная машина  
Чарлза Беббиджа,  
1823 г.



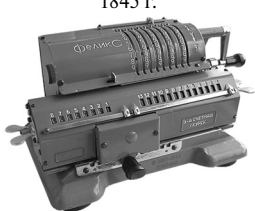
Снряд для  
сложения и вычитания  
З.Я. Слонимого,  
1845 г.



Арифмометр  
Ф.Л. Чебышева,  
1878 г.



Арифмометр  
В.Т. Однера,  
1880 г.



Арифмометр  
«Феликс»,  
1929—1978 гг.

Рис. 3.13. Механические вычислительные устройства

В 1624 г. Вильгельм Шиккард, профессор Тюбингенского университета, описал устройство механической счетной машины. В начале 1960-х гг. по описанию ее воспроизвели ученые в Тюбингенском университете.

В 1642 г. Блез Паскаль создает арифметическую машину «Паскалина», или «Паскалево колесо». В 1649 г. он получает королевскую привилегию на изготовление и продажу своей машины.

В 1666 г. Самюэль Морленд строит первую в Англии суммирующую машину.

В 1670 г. Готфрид Вильгельм Лейбниц дал первое описание своего арифметического инструмента — первой счетной машины, которая механически производила сложение, вычитание, умножение и деление. Окончательный вариант завершен в 1710 г.

В 1770 г. в г. Несвиже в Литве Евно Якобсон создает суммирующую машину, определяющую частное и способную работать с пятизначными числами.

В 1820 г. патент на арифмометр получает эльзасец Карл Ксавье Томас. Он же организовал впервые в мире промышленное производство арифмометров. За первые 50 лет он изготавливает на продажу 1500 экземпляров.

В 1823 г. Английский ученый Чарлз Беббидж разрабатывает проект «Разностной машины», предвосхищавшей современную программно-управляемую автоматическую машину.

В 1845 г. выдан патент на счетный прибор З.Я. Слонимского — суммирующую машину «Снаряд для сложения и вычитания», за которую автор получил Демидовскую премию.

В 1878 г. русский математик и механик, автор многих работ по теории механизмов Пафнутий Львович Чебышев создает суммирующий аппарат с непрерывной передачей десятков, а в 1881 г. — приставку к нему для умножения и деления. Это устройство получило название «арифмометр Чебышева».

В 1880 г. В. Т. Однер создает в России арифмометр с зубчаткой с переменным числом зубцов, а в 1890 г. налаживает массовый выпуск усовершенствованных арифмометров, которые в первой четверти XIX в. были основными математическими машинами, нашедшими применение во всем мире. Их модификация «Феликс» выпускалась в СССР до 1978 г.



Рис. 3.14. «Нелинейные» логарифмические линейки

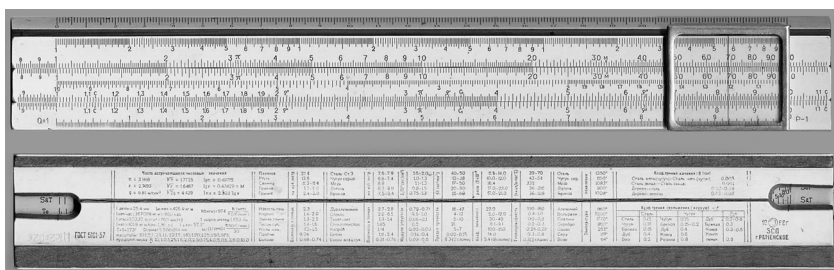


Рис. 3.15. Классическая логарифмическая линейка

Вся эта сложная и дорогостоящая механика была для профессионалов объемных вычислительных работ, прежде всего экономистов и бухгалтеров. А для других людей, связанных с вычислениями не очень объемными или не регулярными, в первую очередь для инженеров, научных работников, студентов и т. п., был изобретен простой, компактный и удобный прибор — логарифмическая линейка. Она легко размещалась в столе, в портфеле и даже в кармане и всегда была под рукой. Причем логарифмическая линейка далеко не всегда линейка. Было множество ее конструктивных исполнений, например круглые и цилиндрические (рис. 3.14). Но классической, самой массовой была однодвижковая линейка (рис. 3.15).

### Электромеханические вычислительные устройства

Следующим шагом была замена ручного привода механических арифмометров на электрический — появление электромеханических калькуляторов. Примером может служить электромеханический арифмометр ВМП-1 Курского завода «Счетмаш» (рис. 3.16).



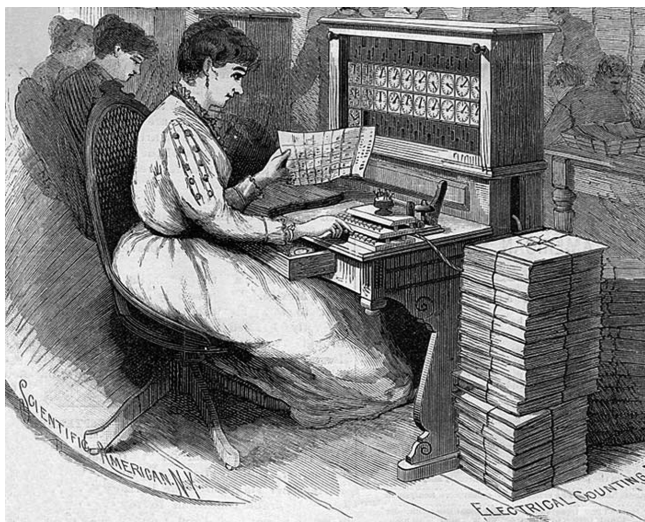
Рис. 3.16. Электромеханический арифмометр ВМП-1

Механические вычислительные устройства, безусловно, существенно облегчили выполнение счетных работ и повысили их надежность. Но в XX в. человеческое общество, его экономика, наука, промышленность развивались ранее невиданно быстрыми темпами и характеристики механических устройств уже не могли удовлетворить потребности. Появившиеся электромеханические вычислительные устройства — калькуляторы проблему только временно несколько смягчили, но не решили. На повестку дня встала электроника, но об этом далее.

Особую роль сыграли другие электромеханические вычислительные устройства — табуляторы, впервые осуществившие автоматическую обработку числовой и буквенной информации, записанной на перфокартах с выдачей результатов на бумажную ленту или специальные бланки.

Первый статистический табулятор был построен американцем Германом Холлеритом для обработки результатов переписи населения в США в 1890 г. Холлерит организовал фирму по производству табуляционных машин ТМС (Tabulating Machine Company). Этому предприятию сопутствовал успех. С годами оно претерпело ряд изменений — слияний и переименований. С 1924 г. фирма Холлерита стала называться ИВМ.

В 1897 г. началась Первая всеобщая перепись населения Российской империи. Для обработки ее результатов Центральный статисти-



**Рис. 3.17.** Табулятор Германа Холлерита, с помощью которого велась обработка результатов переписи 1897 г.

ческий комитет использовал 110 электрических машин Холлерита, поставленных по договору. Сборка оборудования осуществлялась в Санкт-Петербурге (рис. 3.17).

Итоги переписи были подведены в 1898 г. Обработанные переписные листы показали, что Империю населяет 125 640 021 житель. Вес всех переписных листов составил 1 млн кг.

Табуляторы были предшественниками цифровых электронных вычислительных машин (компьютеров), подготовив для них носитель информации на перфокартах, долго ими используемых.

## Первые ЭВМ

Электронная вычислительная машина — чисто русскоязычный термин, просуществовавший в нашей стране с начала 1950-х гг. и до торжества реформ в стране, т.е. примерно до начала 2000-х гг. В ходе реформ вместе с другими англицизмами к нам пришел термин «компьютер», ставший в русском языке синонимом ЭВМ, т.е., как и всякое иноязычное заимствование, в более узком, чем в оригинале, смысле. В английском языке это слово первоначально означало человека, производящего арифметические вычисления с привлечением или без при-