

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

С. В. Абламейко
И. А. Новик
Н. В. Бровка

КРАТКИЙ КУРС ИСТОРИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНФОРМАТИКИ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по естественнонаучному образованию в качестве пособия
для студентов учреждения высшего образования, обучающихся
по специальности 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)»,
направлению специальности 1-31 03 01-02 «Математика
(научно-педагогическая деятельность)»*

МИНСК
БГУ
2014

УДК 004(075.8)
ББК 32.811я73+32.973я73
А13

Рецензенты:

кафедра информатики Могилевского государственного университета им. А. Кулешова (заведующий кафедрой кандидат физико-математических наук, доцент *С. Н. Батан*);
кафедра алгебры, математического анализа и дифференциальных уравнений Могилевского государственного университета им. А. Кулешова (заведующий кафедрой доктор физико-математических наук, профессор *С. В. Жестков*);
доктор физико-математических наук, профессор *Ю. Н. Сотсков*;
доктор физико-математических наук, профессор *В. М. Котов*

Абламейко, С. В.

А13 Краткий курс истории вычислительной техники и информатики : пособие / С. В. Абламейко, И. А. Новик, Н. В. Бровка. — Минск : БГУ, 2014. — 183 с.
ISBN 978-985-518-978-8.

В пособии изложен исторический путь развития вычислительной техники, разработки компьютеров и становления информатики как науки. Представлены материалы, которые могут быть использованы при изучении курса «История информатики».

Для студентов учреждения высшего образования, обучающихся по специальности 1-31 03 01 «Математика (по направлениям)», направлению специальности 1-31 03 01-02 «Математика (научно-педагогическая деятельность)».

УДК 004(075.8)
ББК 32.811я73+32.973я73

ISBN 978-985-518-978-8

© Абламейко С. В., Новик И. А.,
Бровка Н. В., 2014
© БГУ, 2014

ОТ АВТОРОВ

Лучший пророк
для будущего – прошлое.
Дж. Байрон

Компьютеры – одно из самых удивительных творений человека. В узком смысле электронно-вычислительные машины (ЭВМ) – приспособления, выполняющие разного рода вычисления или облегчающие этот процесс. Простейшие устройства, служащие подобным целям, появились несколько тысячелетий назад. Однако только в 1940-е гг. было положено начало созданию современных ЭВМ. С тех пор за очень короткий срок благодаря огромным успехам электроники компьютеры в своем техническом развитии, масштабах применения и влияния на человеческое общество проделали путь, с которым не сравнится ни одно изобретение человека. Такие открытия, как атомная энергия, космические технологии и др., не получили бы столь мощного развития без достижений в вычислительной технике.

В настоящее время среди ведущих промышленных стран идет острая борьба за обладание все более совершенными компьютерными технологиями как важным стратегическим ресурсом страны. Практически все прогрессивные страны Запада имеют сегодня национальные программы создания компьютеров сверхвысокой производительности.

Для Беларуси разработка собственной передовой высокопроизводительной техники обладает важным стратегическим, политическим и экономическим значением. Предпосылки для развития вычислительной техники такого уровня заложены еще тогда, когда СССР был одним из лидеров мирового компьютеростроения, о чем, к сожалению, сегодня мало известно, а Беларусь считалась одним из ведущих производителей средств вычислительной техники. Предприятия республики – Научно-исследовательский институт ЭВМ (НИИ ЭВМ) и Минское производственное объединение вычислительной техники (МПО ВТ) – во многом определяли стратегию и темпы роста компьютерной отрасли СССР.

История информатики привлекает все большее внимание, о чем свидетельствуют факты, что в прошлом веке уже вышел ряд книг по этой теме [5, 10–15, 19, 31], а в сети Интернет появились виртуальные музеи вычислительной техники и галереи славы [58–61]. Историю нейрокомпьютеров и нейронных сетей

подробно рассматривают А. И. Галушкин и другие авторы. Разработке отечественных суперкомпьютеров и программно-аппаратных комплексов посвящены публикации С. В. Абламейко, В. В. Анищенко, С. М. Абрамова, Н. Н. Парамонова и др. Большинство исследований касается достижений в области аппаратных средств и, в меньшей степени, истории развития других аспектов информационных технологий.

В белорусской научно-методической литературе нет пособий по курсу «История информатики», что и послужило причиной создания данной книги. Авторы использовали отечественные и зарубежные материалы по истории развития вычислительной техники и информатики, среди которых работы И. А. Апокина, Л. Е. Майстрова, Н. Дубовой, Г. П. Лопато, И. П. Норенкова, В. В. Пржиялковского, А. П. Частикова, В. В. Шилова, а также издания под редакцией В. М. Курочкина, В. Ф. Бычкова, Р. М. Юсупова и др.

Представить всю историю информатики и вычислительной техники, детально осветить их стремительное развитие достаточно сложно. Авторы охарактеризовали основные вехи становления, отобрав, дополнив и систематизировав сведения из различных источников.

Поскольку издание предназначено для использования в учебном процессе, при отборе материала главной задачей было не столько перечисление имен всех разработчиков в области компьютерных технологий, сколько отражение основных идей, ставших фундаментом развития вычислительных средств.

Приведены примеры использования компьютерных технологий в производстве и окружающей жизни. Представлены материалы по истории изобретений от простейших вычислительных средств до разработки суперкомпьютеров в странах дальнего зарубежья, бывшего СССР и Беларуси; истории развития средств «общения» человека с компьютером (языков программирования, устройств ввода-вывода информации) и др. Эти сведения могут быть полезны аспирантам, магистрантам и студентам во время самостоятельных исследований, написания дипломных и курсовых работ по информатике, а также в период прохождения педагогической практики при проведении факультативных занятий по информатике с учащимися колледжей, гимназий и общеобразовательных школ.

Авторы выражают благодарность рецензентам — доктору физико-математических наук, профессору, лауреату Государственной премии Республики Беларусь Ю. Н. Сотскову; доктору физико-математических наук, профессору В. М. Котову; коллективам кафедры информатики (заведующий кафедрой кандидат физико-математических наук, доцент С. Н. Батан) и кафедры алгебры, математического анализа и дифференциальных уравнений (заведующий кафедрой доктор физико-математических наук, профессор С. В. Жестков) Могилевского государственного университета им. А. Кулешова — за ценные предложения по доработке рукописи. Авторы искренне признательны доктору педагогических наук, профессору В. В. Казачёнку, кандидатам педагогических наук, доцентам С. В. Вабишевич, С. И. Зенько, Е. И. Лакше за помощь в подготовке книги к печати.

Глава I

СТАНОВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИКИ КАК НАУКИ

1.1. Цели и функции информатики как науки.

1.2. Этапы информационных преобразований в обществе.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [6–8, 11–15, 18, 33, 35, 44, 48, 51].

1.1. Цели и функции информатики как науки

Известно, что науку можно определить:

- как систему проверенных и подтвержденных практикой знаний о природе, обществе и мышлении;
- процесс их добывания и развития;
- совокупность средств, методов и приемов прогрессирующего познания [33, 35].

Существуют различные подходы к классификации наук. По объекту изучения их делят на *естественные* — науки о природе во всем многообразии ее проявлений — и *общественные* (или *гуманитарные*), изучающие общество и различные общественные явления; по степени связи с деятельностью людей — на *фундаментальные* (математика, физика, химия, биология, социология, логика и т. д.), опосредованно касающиеся общественной практики, и *прикладные* (или *технические*), относящиеся к практике непосредственно (электротехника, агрономия, медицина и др.). Информатика принадлежит к наукам, занимающим промежуточное положение, поскольку, развиваясь, она все более становится и самостоятельной многогранной наукой, и гибким инструментом, позволяющим формироваться другим наукам, а также различным видам практической деятельности людей.

Как форма общественного сознания наука обладает *спецификой*: во-первых, имеет свое содержание; во-вторых, подчиняется определенным закономерностям развития; в-третьих, выполняет конкретные общественные функции.

Необходимо отметить, что *математизация* и *информатизация* стали ведущими тенденциями в подавляющем большинстве областей современного научного знания и практики. Данный процесс является закономерным следствием развития общественного сознания, нарастания информационных потоков, ускорения темпов роста производства, возникновения новых наук (математическая лингвистика, психофизиология, биомеханика, эвоинформатика и др.) или их ответвлений. В связи с этим при любом способе классификации наук математика и информатика становятся науками, занимающими особое, в определенной степени обособленное положение. С одной стороны, специфика этих наук заключается в опоре на мыслительную деятельность и символные языки; с другой стороны, математика – непревзойденный инструмент описания, изучения и прогнозирования динамики процессов, свойств и явлений окружающей действительности, а информатика – наука, которая на основе сочетания закономерностей мыслительной деятельности и технических достижений становится также аппаратом развития, изменения, расширения границ и обогащения других наук, функционирования общества в целом и каждого отдельного человека в частности.

Развитие науки обусловлено диалектически противоречивым характером процесса научного познания, направленного на постоянное уточнение, изменение, углубление и расширение знаний о научной картине мира. Факты, наблюдаемые в жизни или получаемые в лаборатории, порождают выдвигаемые учеными гипотезы, которые в процессе научного познания и исследования проходят эксперимент, подвергаются критике и проверке, находят теоретическое обоснование или опровержение.

Таким образом, наука представляет собой:

- *систему* исторически сложившихся взглядов;
- *сферу человеческой деятельности*, задачи которой состоят в поиске, выработке и теоретической систематизации полученных объективных знаний о действительности;
- *одну из форм общественного сознания*, включающую как деятельность по получению нового знания, так и результат этой деятельности – сумму знаний, обогащающих понимание научной картины мира.

Начало развития науки относят к XVI–XVII вв. Объем научной деятельности, показателями которой можно считать рост открытий, количества научной информации, научных работников, с XVII в. удваивался каждые 10–15 лет. С XX в. этот объем увеличивается значительно быстрее – по разным данным, от двух лет до нескольких месяцев. Сегодня наука превратилась в производительную силу общества и важнейший социальный институт, оказывающий влияние на все сферы общественной жизни.

Цели науки – описание, теоретическое обоснование, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов [36].

Выделяют две ведущие *функции* науки: объяснительную и предсказательную, которые обусловлены целями науки как сферы человеческой деятельности и одной из форм общественного сознания.

Важно различать сферы деятельности исследователя и практического работника. В частности, в образовательной сфере культура проведения научного педагогического исследования предполагает усвоение разницы между целями деятельности практического работника и исследователя.

Цели исследователя:

- 1) *получить* новое научное знание;
- 2) *объяснить*, почему в том или ином случае имеет место «хороший» или «плохой» результат;
- 3) *спрогнозировать* на основе выявленных научных закономерностей, в каких случаях вероятность «хорошего» результата выше, чем «плохого», и почему [35].

В 1957 г. немецкий ученый Карл Штейнбух впервые употребил в Германии термин «информатика», а во Франции его стали использовать с 1962 г. как производное от слияния двух слов: «информация» и «автоматика».

В настоящее время информатика – область науки и комплексная научно-техническая дисциплина, объединяющая кибернетику, системотехнику, программирование, математические методы моделирования в электронике, механике и других науках. Реализация взаимосвязей с указанными областями научного знания обусловлена тем, что по мере развития информатика как наука и область человеческой деятельности охватывает теорию кодирования информации, разработку методов и языков программирования, математическую теорию процессов передачи и обработки информации [48]. В настоящее время высшей наградой в мире за заслуги в области информатики является премия имени Алана Тьюринга.

В дальнейшем мы будем опираться на следующее определение: *информатика* – наука об общих свойствах, закономерностях и методах обработки, поиска, передачи, хранения и использования информации с помощью компьютерных средств и технологий, а также область человеческой деятельности, связанная с их применением.

В информатике как науке выделяются новые направления исследований [34]:

- *интернетика* – прикладное научное направление, изучающее свойства, закономерности и способы использования глобальной компьютерной сети в различных сферах человеческой деятельности;
- *коммуникативистика* – наука, занимающаяся проблемой информационных (сетевых) коммуникаций;

● **эвоинформатика** – направление теоретической информатики, имеющее целью создание новых информационных метатехнологий для решения задач глобального моделирования сложных природных явлений на основе эволюционного подхода и др.

Таким образом, информатика как наука и сфера человеческой деятельности является одной из ведущих областей жизнедеятельности общества, и овладение ею в той или иной степени становится необходимым для образованного индивидуума.

В СССР информатика как учебная дисциплина введена в программу общеобразовательных школ с 1985 г. В тот период она находилась на стадии становления. В систему образования Беларуси и стран ближнего и дальнего зарубежья информатика вошла как одна из важнейших дисциплин.

Напомним, что образование – процесс и результат усвоения систематизированных знаний, умений, навыков; необходимое условие подготовки человека к жизни и труду. Согласно некоторым исследованиям начальное образование повышает производительность любого труда на 40 %, среднее образование – на 100 %, а высшее – более чем на 300 %.

На вопрос «Чем занимается информатика?» можно ответить следующим образом:

- информатика изучает *общие свойства процессов* сбора, хранения, обработки, передачи и использования информации;
- информатика исследует *общие закономерности*, свойственные информационным *процессам* (в самом широком смысле этого понятия);
- информатика занимается *процессами преобразования и создания новой информации*.

В приведенных вариантах ответов основным является понятие «информационный процесс», которое целиком зависит от термина «информация».

Информационный процесс – совокупность последовательных действий (операций), производимых над информацией (в виде данных, фактов, идей, гипотез, теорий и пр.) для получения какого-либо результата (достижения цели).

В информационном процессе важно следующее:

- информационный процесс не заканчивается в момент разрыва связи, а продолжается в аппарате мышления человека, где происходит формирование информации; момент окончания процесса практически невозможно точно установить;
- возможно параллельное протекание нескольких информационных процессов (в том числе и у человека – за счет последовательного переключения внимания или получения информации различными органами восприятия).

Информатика, как и другие науки, развивается посредством использования следующих *методов познания*:

- анализ — расчленение целого на части;
- синтез — объединение частей в целое;
- абстрагирование — отвлечение от несущественных (в каждом конкретном случае) свойств и отношений и изучение лишь существенных;
- обобщение — установление общих свойств и признаков объектов;
- индукция — построение общего вывода на основе частных предпосылок;
- дедукция — выведение заключения частного характера из общих посылок;
- аналогия — на основе сходства в одних признаках делается заключение о существовании сходства в других, перенос свойств и отношений одних объектов на другие, сходные с ним;
- моделирование — исследование модели, замещающей оригинал;
- классификация — разделение всех изучаемых объектов на отдельные группы по признакам, выбранным в качестве оснований для классификации.

К классификации необходимо добавить системный анализ, который включает моделирование. В этом перечне нет такого важного элемента познания, как догадка (инсайт, озарение). Его нельзя назвать методом, потому что механизм его действия не всегда поддается строгому логическому анализу, однако часто его называют эвристическим методом.

Информатика изучает *знаковые модели*, описывающие процессы и системы обработки данных, т. е. информационные процессы и системы, при создании которых используются указанные методы познания. Рассмотрим классификацию данных моделей [48].

1. **Модели форм произведений искусств.** Каждое произведение искусства имеет форму представления: роман — текст, музыка — аудиозапись, картина — изображение, спектакль — снятый на видео фильм и т. д. Форма произведений искусства хорошо поддается формализации в виде цифровых моделей записи. Для примера возьмем музыкальное произведение. Впечатления конкретного человека от прослушивания музыкального произведения непосредственно в концертном зале (так называемая «живая» музыка) и в записи, даже очень хорошей, значительно отличаются. Однако поскольку мы живем во времена динамично изменяющихся информационных потоков, которые охватывают массы людей, существует необходимость в сохранении и тиражировании любого произведения.

2. **Модели в цифровом виде.** Суть этих моделей заключается во вводе описаний теорий, методов, методик в цифровом виде в компьютер, что и дает возможность их компьютерной обработки.

3. **Математические модели, доведенные до алгоритма.** Представляют собой последовательность действий, выполнение которых приводит к заранее известному результату. Ради его достижения и разрабатывается модель.

Математические модели, позволяющие получить аналитическое решение, относятся к классу математического моделирования. В этом классе рассматриваются модели, требующие по тем или иным причинам компьютерной поддержки.

4. **Модели управления разными процессами,** под которыми понимаются социальные, экономические, технологические процессы.

Социальные процессы – научные, образовательные, медицинские процессы, учитывающие человеческий фактор.

Экономические процессы – процессы функционирования некоторых экономических объектов, проектирование, разработка, эксплуатация и управление которыми осуществляются с помощью компьютеров.

В технологических процессах состояние системы меняется очень быстро (в одном темпе с процессами управления). Это непрерывные процессы, такие как химические производства, энергетические мощности. Адекватность модели, встроенной в технологический процесс, определяется не только физическими и химическими параметрами, но и скоростью обработки данных по этой модели.

5. **Модели в виде базы данных.** Разрабатываются для описания состава и структуры исследуемого объекта, предметной области (например, база данных адресного стола города, спецификация всех узлов и деталей автомобиля, самолета и пр., каталог алгоритмов и программных средств отраслевого фонда алгоритмов и программ (ОФАП)).

6. **Модели искусственного интеллекта.** Предназначены для компьютерного моделирования интеллектуальных человеческих способностей. Любая задача, для которой не известен алгоритм решения, может быть отнесена к сфере искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект – модель интеллектуальных человеческих способностей, которая, в свою очередь, делится на модели представления знаний (продукционные и логические модели, семантические сети, фреймы) и модели рассуждений.

7. **Модели визуализации.** Включают следующие подклассы:

- иллюстративная графика – позволяет графически изобразить простейшие зависимости;
- деловая графика – отображает динамику процесса движения материальных, финансовых и прочих экономических и производственных потоков;

- инженерная графика – проектирует сложные технические системы, такие как здания, механизмы, на порядок ускоряющие процесс получения готового решения со спецификацией узлов и деталей;

- научная графика – помогает получить представление о деформации балки, наличии или отсутствии опухоли в организме (томография), структуре земной коры, обо всем, что происходит на планетах Солнечной системы, за счет предварительного сканирования, математических моделей и последующей обработки на компьютере.

История информатики – наука об объективных законах развития информатики. На нее возлагается немало задач, так как существуют разнообразные связи информатики с другими сферами. Данная наука находится в постоянном развитии: непрерывно совершенствуются компьютеры, программные продукты, языки программирования и т. д. Учитывая относительную «молодость» этой области, легко понять отсутствие большого числа исследований историко-информационного характера.

Основными направлениями исследований по истории информатики, на наш взгляд, являются:

- воссоздание фактического содержания исторического развития вычислительной техники и информатики в разных странах мира;

- предыстория информатики, история изобретения компьютеров;

- исследование состава информатики как науки, диалектики ее развития, соотношения ее частей и дальнейшие перспективы;

- исследование разнообразных связей информатики с другими науками, с практическими потребностями людей, экономическими и социальными запросами общества и др.

1.2. Этапы информационных преобразований в обществе

Веками люди совершенствовали способы, законы и методы передачи, накопления и хранения информации. В истории развития человечества существуют многочисленные факты, события, примеры революционных преобразований в области науки, техники, общества. Овладев веществом, энергией, а затем информацией, человек научился использовать их для улучшения своего уклада, обобщения имеющихся знаний и опыта, использования их для принятия решений. При этом средства обработки информации, как и сама информация, видоизменялись, расширяли свои возможности. Это приводило к переменам в общественных отношениях и образовательной сфере. Появился термин «*информационная революция*», под которым понимают кардинальные изменения инструментальной основы, способа передачи и хранения информации, а также объема информации, доступной

активной части населения [29, 31, 36]. В истории развития общества до середины второй половины XX в. выделяют пять информационных революций (табл. 1) [25, 29].

Таблица 1

Этапы информационных преобразований в обществе

Информационные революции	Содержание	Результат
Первая	Появление и распространение языка	Передача информации в пространстве и во времени с помощью устной речи, ее запоминание
Вторая	Изобретение письменности	Накапливание знаний и их передача от поколения к поколению с помощью документальных носителей информации
Третья (XV – середина XVI в.)	Изобретение книгопечатания как одной из первых информационных технологий	Изменение индустрии общества, широкое распространение информации, научных знаний, информационной культуры
Четвертая (конец XIX в.)	Изобретение электричества привело к появлению средств коммуникации (телеграф, телефон, радио, телевизор)	Оперативная передача и накапливание информации в достаточном объеме
Пятая (70-е гг. XX в.)	Электронный этап информационной истории: изобретение микропроцессорной технологии и появление персонального компьютера	Создание систем накапливания и передачи данных, внедрение компьютерных сетей, применение компьютерных информационных технологий; формирование личности с высоким уровнем информированности и информационной культуры

Освоение человеком *развитой устной речи* стало средством хранения и передачи информации; *возникновение письменности* улучшило возможности хранения информации; благодаря *книгопечатанию*, как одной из первых информационных технологий, появилась возможность не только сохранять информацию, но и повышать ее доступность и расширять сферы распространения за счет увеличения тиражей. Успехи точных наук и научно-техническая революция (радио, телефон, телеграф, позже телевидение, фотография и кино) позволили создать более универсальные, чем книги, способы хранения информации: магнитофонные ленты, перфокарты, диски.

Разработка первых ЭВМ способствовала формированию информатики как науки, началу ее истории, поскольку информатика понималась как наука о вычислениях на ЭВМ, а вычислительная техника рассматривалась как инструмент, предназначенный для хранения и обработки текстовой и цифровой информации.

В развитии вычислительной техники обычно выделяют несколько этапов, связанных с возникновением разных поколений ЭВМ:

- 40-е – начало 50-х гг. XX в. (создание ЭВМ на электронных лампах);
- середина 50-х – 60-е гг. XX в. (разработка ЭВМ на дискретных полупроводниковых приборах);
- середина 60-х гг. XX в. (появление ЭВМ на интегральных микросхемах).

В дальнейшем особенности и характеристики каждого из приведенных этапов будут рассмотрены более подробно.

Необходимо отметить, что 4 декабря 1948 г. в СССР было зарегистрировано изобретение И. С. Брука и Б. И. Рамеева – цифровая электронная вычислительная машина. С тех пор этот день считается Днем российской информатики.

Глава 2

ПРЕДЫСТОРИЯ ИНФОРМАТИКИ

- 2.1. «Домеханический» период развития вычислительной техники: счеты, таблицы, таблицы Непера, логарифмическая линейка.
- 2.2. «Механический» период создания вычислительных устройств.
- 2.3. Возможности двоичного кода.
- 2.4. Своеобразие алгебры Буля.
- 2.5. Открытия начала XX в.: пишущая машинка, азбука Морзе, телефон, радио, арифмометр.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [5, 7, 11, 17, 19].

2.1. «Домеханический» период развития вычислительной техники: счеты, таблицы, таблицы Непера, логарифмическая линейка

До нашей эры. К сожалению, об этом периоде развития компьютерных технологий достоверно можно сказать немного. Совершенно точно известно, что до нашей эры были придуманы такие полезные вещи, как

цифры (кроме нуля), системы счисления, абак, деньги и пиво. Открытие новых технологий в те годы было чревато разнообразными неприятностями для ученых. Так, в 221 г. до н. э. (по другим источникам — в 213 г. до н. э.) китайский император Цинь Шихуанди повелел сжечь все книги в Поднебесной империи и казнить всех авторов.

Около 800 г. н. э. В Китае начинают использовать цифру «ноль», предположительно позаимствовав ее у индийских математиков. Примерно в это же время появляется такое понятие, как отрицательные числа.

Около 850 г. н. э. Аль-Хорезми (783–850) написал книгу «Арифметика». С точки зрения современного образования ее содержание приблизительно соответствует уровню учебника математики для шестого класса, но в то время это, безусловно, считалось прорывом. Книга Аль-Хорезми была переведена и издана в Европе в 1120 г.

Именно Аль-Хорезми мы обязаны такими терминами, как «алгоритм» и «алгебра». Оба слова являются искаженными вариантами имени ученого и названия одной из его книг соответственно [5].

Первые вычисления наши предки производили с помощью пальцев рук и ног. На них люди научились отсчитывать довольно большие числа. Загибая пальцы рук различными комбинациями, они изображали не только единицы и десятки, но также сотни и тысячи. С помощью жестов рук можно было охватить числа до миллиона.

Подробное описание таких методов счета впервые сделано ирландским ученым монахом Бедой (VII–VIII вв.) в труде «О счете времени». Книга была издана в Базеле в 1529 г.

В древности торговцы из Финикии, Вавилона, Рима и других городов считали с помощью зерен, камешков, раковин, которые выкладывали на специальной доске, названной *абак* (рис. 1, 2). Абак как счетный прибор использовался в разные времена в разных формах. В Греции



Рис. 1. Абак древнегреческий

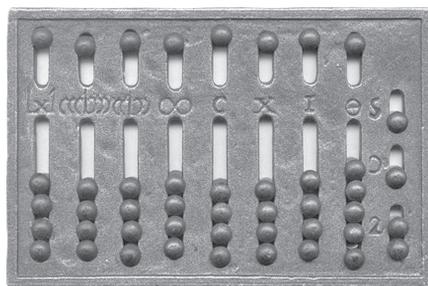


Рис. 2. Абак древнеримский бронзовый

на абак проводили вертикальные линии и в соответствующие колонки раскладывали косточки или камешки. Для вычерчивания чисел, фигур, выполнения арифметических действий на абак сыпали песок (слово «абак» в переводе с древнееврейского означает ‘пыль, песок’). Изменению и совершенствованию абака во многом способствовала книга Герберта «Правила счета на абак» (X в.).

На активизацию поиска способов вычислений в математике повлияла энциклопедия математических знаний народов, живущих на берегах Средиземного моря, — «Книга об абак», написанная в 1202 г. Л. Пизанским. Эта книга более 200 лет была непревзойденным образцом математических сочинений для европейцев. Она содержала 15 разделов. Первые семь посвящены изложению исчислений целых чисел по позиционной десятичной системе и операций с обыкновенными дробями. Остальные разделы включают приложения к коммерческим расчетам.

Появление бумаги способствовало вытеснению абака.

Аналогом абака в древнем Китае был счетный прибор «суан-пан» (рис. 3), который используется в этой стране до настоящего времени в виде семикосточковых счетов. В Японии шестикосточковые счета называются соробаном.

Именно изобретение **счетов** более 1,5 тыс. лет назад в странах Средиземного моря можно считать отправной точкой, основой в закладке фундамента грядущей компьютерной революции.

В России счета (рис. 4) применяются с XVI в. Очевидно, десятичные счета получили широкое распространение в связи с появлением десятичной денежной системы (1 червонец = 10 рублей и т. д.).

Счета оказались очень эффективным инструментом и вскоре стали популярны во всем мире, а в некоторых странах ими пользуются и сегодня.

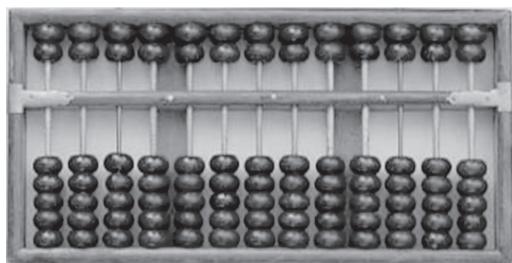


Рис. 3. Китайские счета «суан-пан»



Рис. 4. Русские счета

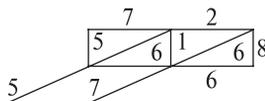
До XVII в. счеты как вычислительный инструмент оставались практически вне конкуренции, способствуя невиданному подъему творческой мысли.

В 1614 г. в Англии появилось сочинение «Описание удивительных таблиц логарифмов», автором которого был шотландский барон **Джон Непер** (1550–1617), теолог, математик, астроном и изобретатель.

Таблицы Непера представляли собой восьмизначные таблицы логарифмов тригонометрических функций для значений аргументов от 0 до 90 градусов с интервалом в одну секунду.

В 1617 г. он придумал способ перемножения чисел. Инструмент, получивший название «пальчики Непера», состоял из набора сегментированных стерженьков, которые можно было располагать таким образом, что, складывая числа, находящиеся в прилегающих друг к другу по горизонтали сегментах, получали результат их умножения. Основан этот прибор на давно известном способе умножения решеткой.

Покажем, как произвести умножение двузначного числа на однозначное, используя умножение лишь однозначных чисел. Умножим 72×8 . Для двузначного числа 72 рисуется решетка из двух ячеек и подписываются множимое и множитель.



Порядок действий следующий:

- 1) умножив $2 \times 8 = 16$, результат записывают в правой ячейке;
- 2) умножив $7 \times 8 = 56$, результат записывают в левой ячейке;
- 3) числа, стоящие внутри ячеек над диагональю, суммируются по диагонали, и результат записывается внизу: $72 \times 8 = 576$.



Дж. Непер

Дж. Непер — изобретатель «оружия смерти», задумавший сконструировать систему зеркал и линз, которая поражала бы цель смертоносным солнечным лучом. Однако более заметный след в истории оставило изобретение им логарифмов, о чем сообщалось в публикации 1614 г. Он обнаружил, что сумма логарифмов чисел a и b равна логарифму произведения этих чисел. Благодаря этому свойству сложное действие умножения сводилось к простой операции сложения. Чтобы перемножить два больших числа, нужно лишь посмотреть их логарифмы в таблице, сложить найденные значения и отыскать число, соответствующее этой сумме, в обратной таблице, называемой «таблицей антилогарифмов».

В 1620 г. Й. Бюрги – мастер по ремонту часов и астрономических инструментов, – работая с И. Кеплером, издал книгу «Таблицы арифметической и геометрической прогрессий с обстоятельным наставлением, как пользоваться ими при всякого рода вычислениях».

Вычислительные трудности математиков и астрономов были преодолены благодаря 10-значным таблицам Бригга и Влака. Дж. Скейдель вычислил таблицы натуральных логарифмов.

В 1620 г. лондонский профессор Э. Гюнтер разработал логарифмическую шкалу, которая стала первым вариантом широко распространенной логарифмической линейки для проведения вычислений.

В России регулярное издание таблиц логарифмов началось с 1703 г. Логарифмическая шкала была описана в русской научной и учебной литературе в 1730 г. под названием гюнтерской (по имени профессора Э. Гюнтера).

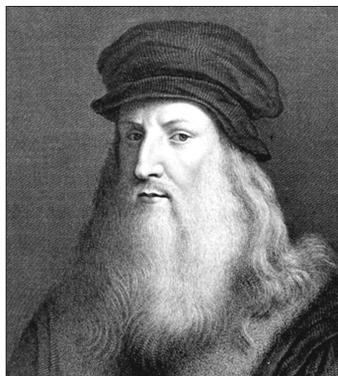
Ученые-математики XVII в. постоянно искали новые пути преодоления вычислительных трудностей. В разных городах Европы стали возникать счетные машины.

2.2. «Механический» период создания вычислительных устройств

Одна из первых попыток создания механической счетной машины, по-видимому, принадлежит великому итальянскому художнику, скульптору и изобретателю эпохи Возрождения **Леонардо да Винчи** (1452–1519). Основу машины составляли стержни, на которых крепились два зубчатых колеса, большое с одной стороны стержня, а маленькое – с другой. Эта система, состоявшая из тринадцати стержней с зубчатыми колесами, приводилась в движение набором грузов.

Нереализованным при жизни автора, вероятно, оказался и проект профессора Тюбинского университета **Вильгельма Шиккарда** (1592–1653) – суммирующая машина, которую он назвал «счетными часами». Сведения об этой машине появились в печати только в 1958 г. Схема и пояснения к ней обнаружены в архиве И. Кеплера и потому современникам изобретателя не были известны.

Поистине титанический труд проделал выдающийся математик, физик, изобретатель и механик **Блез Паскаль** (1623–1662), чтобы создать машину, с помощью которой



Л. да Винчи



Б. Паскаль

можно было производить арифметические операции. За время работы над устройством Паскаль сделал более пятидесяти различных моделей, в которых он экспериментировал не только с материалами, но и формой деталей машины.

Первая работающая машина была изготовлена уже в 1642 г., но окончательный вариант *арифметической машины*, или «колеса Паскаля», появился только к 1645 г. (рис. 5). Основным недостатком «паскалины» состоял в неудобстве выполнения на ней всех операций, кроме простого сложения.

Хотя машина вызвала всеобщий восторг, она не принесла Б. Паскалю богатства. Тем не менее изобретенный им принцип связанных колес стал основой, на которой строилось большинство вычислительных устройств на протяжении следующих трех столетий. Паскаль умер в возрасте 39 лет, но несмотря на столь короткую жизнь навечно вошел в историю как выдающийся математик, физик, писатель и философ.

Первая машина, позволившая легко производить вычитание, умножение и деление, была изобретена в Германии **Готфридом Вильгельмом Лейбницем** (1646–1716), творческое воображение которого казалось неисчерпаемым. Он принадлежал к роду, известному своими учеными и политическими деятелями. Его отец, профессор этики, умер, когда ребенку было всего 6 лет, но к этому времени Лейбницем уже овладела жажда знаний. Он проводил дни в отцовской библиотеке, читая книги и занимаясь историей, латинским и греческим языками и другими предметами.

В возрасте 15 лет Г. В. Лейбниц поступил в Лейпцигский университет, и перед ним открылся совершенно новый мир. В университете он познакомился с работами И. Кеплера, Г. Галилея и других ученых, стремитель-

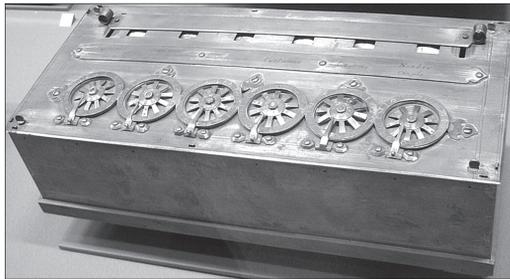


Рис. 5. Суммирующая машина Паскаля

но расширявших границы научного познания. Темпы научного прогресса поразили воображение молодого Лейбница, и он решил включить в свою учебную программу курс математики. Когда Лейбницу было 20 лет, его пригласили работать в качестве профессора Нюрнбергского университета. Он отклонил это предложение, предпочтя жизни ученого дипломатическую карьеру. Однако его беспокойный ум постоянно волновали всевозможные вопросы из самых различных областей науки и философии — от этики до гидравлики и астрономии. В 1672 г., находясь в Париже, Лейбниц познакомился с голландским математиком и астрономом Х. Гюйгенсом. Видя, как много вычислений приходится делать астроному, Г. В. Лейбниц решил изобрести механическое устройство, которое облегчило бы расчеты.



Г. В. Лейбниц

В 1673 г. он изготовил *механический калькулятор* (рис. 6). Сложение на нем производилось так же, как и на «паскалине», однако Лейбниц включил в конструкцию движущуюся часть (прообраз подвижной каретки будущих настольных калькуляторов) и ручку, с помощью которой можно крутить ступенчатое колесо или — в последующих вариантах машины — цилиндры, расположенные внутри аппарата. Этот механизм позволял ускорить повторяющиеся операции сложения, необходимые для перемножения или деления чисел. Повторение осуществлялось автоматически.



Рис. 6. Счетная машина Лейбница

Лейбниц продемонстрировал свою машину во Французской академии наук и в Лондонском королевском обществе. Один экземпляр машины попал к Петру Великому, который подарил ее китайскому императору, желая поразить того европейскими техническими достижениями. Славу Лейбницу принесло не столько создание этой машины, сколько разработка дифференциального и интегрального исчислений (над ними независимо работал в Англии И. Ньютон). Он заложил также основы двоичной

системы счисления, которая позднее нашла применение в автоматических вычислительных устройствах.

Ряд важнейших механизмов машины Лейбница применялся в некоторых типах машин до середины XX в. К типу машины Лейбница могут быть отнесены все машины, в частности первые ЭВМ, производившие умножение как многократное сложение, а деление — как многократное вычитание. Лейбниц первым понял значение и роль двоичной системы счисления. В труде на латинском языке, написанном в марте 1679 г., Лейбниц разъяснял, как выполнять вычисления в двоичной системе, в частности умножение, а позже в общих чертах подготовил проект вычислительной машины, работающей в двоичной системе счисления.

Созданием первого действующего *арифмометра* круглой формы — хитроумного устройства, внешне напоминающего ручную кофемолку, наука обязана **Филиппу Маттеусу Гану** (1739—1790). В 1764 г. механик-самоучка изготовил деревянную «астрономическую машину»: движение часового механизма передавалось на диск, где Солнце, Луна и некоторые звезды «всходили» и «заходили» в течение всего года в строго определенное время; кроме того, Солнце и Луна проделывали свой путь по зодиаку, и можно было наблюдать различные лунные фазы. В конце 1760-х гг. Ган задумал новую «астрономическую машину», но внезапно прервал работу над ней и обратился к счетным приборам.

Первые изделия, позднее уничтоженные автором, были прямоугольными, затем Ган перешел к машинам круглой формы. Уже в мае 1773 г. у него была вполне приемлемая небольшая модель счетной машины, и он приступил к строительству «действующего образца».

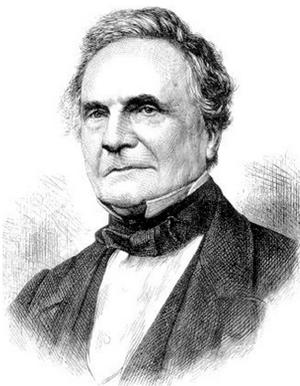
Первое из механических вычислительных устройств — *машина Якобсона*, которую изобрел **Евна Якобсон**, часовой мастер и механик из Несвижа. Стиль декоративной отделки (машина выполнена в виде латунной коробки с богато орнаментированной верхней крышкой) свидетельствует, что, по всей вероятности, она изготовлена не позже 1770 г. Машина оперировала числами длиной 9 десятичных разрядов и предназначалась для сложения и вычитания. Изобретатель считал целесообразным использовать ее также для умножения. Выполнение первой из этих операций облегчалось наличием таблицы умножения, нанесенной на верхнюю крышку машины. При делении машина подсчитывала количество вычитаний делителя из делимого. Она содержала одноразрядный механизм подсчета числа вычитаний делителя из делимого и имела отдельный механизм для записи промежуточных результатов. Интересной особенностью машины Якобсона было устройство, которое позволяло автоматически подсчитывать число произведенных вычитаний, иначе говоря — определять частное. Наличие этого устройства, остроумно решенная проблема ввода чисел, возможность фиксации промежуточных результатов позволя-

ют считать «часового мастера из Несвижа» выдающимся конструктором счетной техники [18, 44].

Ткацкое наследие. Следующая ступень в развитии вычислительных устройств на первый взгляд не имела ничего общего с числами, по крайней мере вначале. На протяжении XVIII в. на французских фабриках по производству шелковых тканей велись эксперименты с различными механизмами, управлявшими станком при помощи перфорационной ленты, перфорационных карт или деревянных барабанов. Во всех трех системах нить поднималась и опускалась в соответствии с наличием или отсутствием отверстий — так создавался желаемый рисунок ткани. В 1804 г. инженер **Жозеф Мари Жаккар** (1752–1834) построил полностью автоматизированный станок, способный воспроизводить сложнейшие узоры. Работа станка программировалась при помощи колоды перфокарт, каждая из которых управляла одним ходом челнока. Переходя к новому рисунку, оператор просто заменял одну колоду перфокарт другой. Станок Жаккарда (так его принято называть) вызвал настоящую революцию в ткацком производстве, а принципы, заложенные в его основу, используются до настоящего времени. Однако самую важную роль перфокартам суждено было сыграть в программировании компьютеров.

Из всех изобретателей прошлых столетий, внесших тот или иной вклад в развитие вычислительной техники, ближе всего к созданию компьютера в современном его понимании подошел англичанин **Чарлз Бэббидж** (1791–1871). Родился в графстве Девоншир в богатой семье. Прославился как остротой ума, так и своими чудачествами.

В течение 13 лет эксцентричный гений заведовал кафедрой математики Кембриджского университета (когда-то этот пост занимал И. Ньютон), но не работал в университете ни дня и не прочел там ни одной лекции. Бэббидж был одним из основателей Королевского астрономического общества, автором сочинений на самые разные темы — от политики до технологии производства. Он принимал участие в создании различных приборов, в частности тахометра, и приспособлений, например предохранительной решетки для железнодорожного локомотива, которая позволяла отбрасывать с путей случайно попавшие туда предметы. Бэббидж занимался и такими серьезными проблемами, как расчеты смертности населения и реформа почтовой службы. Долгие годы он безуспешно воевал с уличными шарманщиками, игра которых выводила его из себя. Когда Бэббидж умер, лондонская газета «Таймс»



Ч. Бэббидж

писала о нем как о человеке, дожившем почти до 80 лет, «несмотря на преследования со стороны шарманщиков».

Ч. Бэббидж в 1812 г. начал работать над так называемой *разностной машиной*, которая должна была вычислять значения любых функций, в том числе и тригонометрических, а также составлять таблицы. В 1822 г. Бэббидж опубликовал научную статью с описанием машины, способной рассчитывать и печатать большие математические таблицы. В том же году он построил пробную модель своей машины, состоящую из шестеренок и валов, вращаемых вручную при помощи специального рычага (рис. 7).

Нехватка средств не позволила закончить работу, и машина была сдана в музей Королевского колледжа в Лондоне, где хранится и в настоящее время. Однако неудача не остановила Бэббиджа, и в 1834 г. он приступил к новому проекту – созданию *аналитической машины*, которая должна была выполнять вычисления без участия человека. Предполагалось, что в отличие от разностной машины она будет не просто решать математические задачи одного определенного типа, а выполнять разнообразные вычисления в соответствии с инструкциями, задаваемыми оператором. По замыслу это была «машина самого универсального характера», в действительности – не что иное, как *первый универсальный программируемый компьютер*.

Аналитическая машина должна была иметь такие компоненты, как арифметическое устройство и память, состоящие из механических рычажков и шестеренок. Память машины вмещала до 100 сорокаразрядных чи-

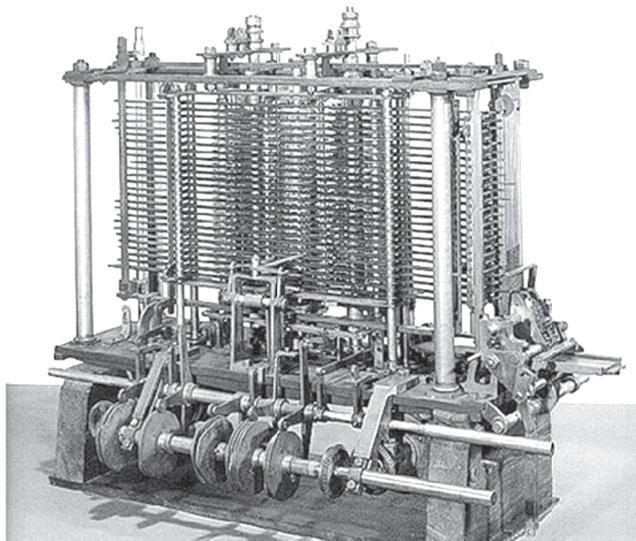


Рис. 7. Машина Бэббиджа

сел. Инструкция, или команды, вводилась с помощью перфокарт.

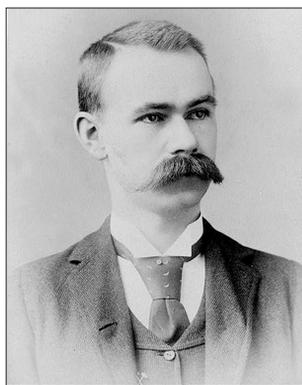
С 1842 по 1848 г. Бэббидж упорно работал, расходуя собственные средства. К сожалению, он не смог до конца довести дело по созданию аналитической машины — она оказалась слишком сложной для техники того времени. Но заслуга Бэббиджа в том, что он впервые предложил и частично реализовал идею программно-управляемых вычислений.

Графиня **Ада Лавлейс** (1815—1852) помогла Бэббиджу прояснить его идеи, воодушевляла, глубоко интересовалась его работой и заряжала своим энтузиазмом. Лавлейс долгое время считалась первой женщиной-программистом, одной из самых известных женщин в истории вычислительной техники. Она написала первые программы для аналитической машины и ввела в обращение несколько принципиальных понятий (например, циклы). Кроме того, описала ряд примеров, иллюстрирующих способы применения машины Бэббиджа, разработала программу вычисления на этой машине чисел Бернулли. Лавлейс была дочерью знаменитого поэта Дж. Байрона. Как и ее отец, умерла в расцвете сил в возрасте 36 лет. Существует гипотеза, что язык программирования **Ada** был назван именно в честь графини Лавлейс.



А. Лавлейс

По иронии судьбы разностной машине повезло больше. Хотя Бэббидж больше не возвращался к ней, шведский издатель, изобретатель и переводчик **Пер Георг Шойц** (1785—1873), прочтя об этом устройстве, построил слегка видоизмененный его вариант, воспользовавшись ценными советами Бэббиджа. В 1854 г. ***разностная машина Шойца*** была удостоена золотой медали на Всемирной выставке в Париже. Спустя еще несколько лет британское правительство, отказавшее в свое время в поддержке Бэббиджу, заказало одну из таких машин для правительственной канцелярии.



Г. Холлерит

Лишь через 19 лет после смерти Бэббиджа один из принципов, лежащих в основе идеи аналитической машины, — использование перфокарт — нашел воплощение в действующем устройстве. Это был статистический табулятор, построенный американцем **Германом Холлеритом** (1860—1929) с целью ускорить

обработку результатов переписи населения, которая проводилась в США в 1890 г.

Машина Холлерита оказалась настолько быстродействующей, что предварительные подсчеты были завершены через шесть недель, а полный статистический анализ занял два с половиной года. За истекшее с предыдущей переписи десятилетие население США выросло почти на 13 млн, достигнув 62 622 250 человек, но обработка результатов переписи 1890 г. потребовала приблизительно втрое меньше времени. Холлерит организовал фирму по производству табуляционных машин Tabulation Machine Company и продавал их железнодорожным управлениям и правительственным учреждениям. Машины Холлерита закупила царская Россия, решив провести перепись населения на современном уровне.

Предприятию Холлерита сопутствовал успех, и в дальнейшем оно стало все более преуспевающим. С годами оно претерпело ряд изменений – слияний и переименований. Последнее такое изменение произошло в 1924 г., за пять лет до смерти Холлерита, когда он создал фирму IBM – International Business Machines Corporation. Теперь, спустя столетие, как Ч. Бэббидж героически трудился над созданием аналитической машины, IBM является крупнейшей в мире промышленной корпорацией, воплотившей в жизнь его мечту о «машине самого универсального характера».

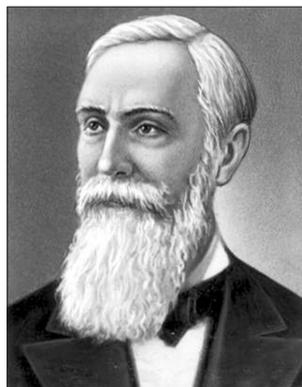
Уроженец Эльзаса **Карл Томас** (1785–1870), основатель и директор двух парижских страховых обществ, в 1818 г. сконструировал счетную машину, уделив основное внимание технологичности механизма, и назвал ее **арифмометром** (рис. 8).



Рис. 8. Арифмометр Томаса

Уже через три года в мастерских Томаса было изготовлено 16 арифмометров. Таким образом, Томас положил начало счетному машиностроению. Его арифмометры выпускались в течение ста лет, постоянно совершенствуясь и меняя названия [19, 31, 44].

Исследования великого русского математика **Пафнутия Львовича Чебышева** (1821–1894) проводились преимущественно в трех научных направлениях: теория чисел, теория вероятностей и теория механизмов. Кроме того, он создал арифмометр Чебышева. Этот ученый оставил неизгладимый след в истории мировой науки и развитии русской культуры. В 16 лет П. Л. Чебышев стал студентом Московского



П. Л. Чебышев

университета и уже через год был награжден серебряной медалью за математическое сочинение.

В 25 лет П. Л. Чебышев защитил диссертацию на степень магистра и был приглашен на должность профессора в Петербургский университет. В 28 лет в Петербурге защитил диссертацию на степень доктора и в 38 лет был избран ординарным академиком Академии наук. В 1874 г. стал академиком Парижской Академии наук. Занимаясь теорией механизмов, П. Л. Чебышев изобрел свыше 40 различных механизмов и около 80 их модификаций.

В первой зарубежной поездке (1852) во Францию и Великобританию Чебышев проявил большой интерес к работе различных механизмов и машин. Изучив изобретенные В. Я. Буныковским самосчеты, Чебышев заметил все их недостатки. Он решил построить свой прибор для сложения и вычитания. Первый арифмометр Чебышева не может быть отнесен к классу арифмометров (приборов для выполнения четырех арифметических действий). Это 10-разрядная суммирующая машина с непрерывной передачей десятков. В машине с непрерывной (дискретной) передачей колесо высшего разряда продвигается сразу на одно деление, в то время как колесо низшего разряда переходит с 9 на 0. Работа оператора при выполнении сложения на машине Чебышева была очень простой. С помощью десяти наборных колес поочередно вводились слагаемые, а результат считывался в окнах щитка. На наборных колесах находились специальные зубцы, с помощью них колеса поворачивались, а в корпусе машины — прорези, в которых виднелись зубцы, рядом с прорезями были написаны цифры (0...9). При вычитании набирается уменьшаемое, а вычитаемое — при вращении наборных колес в обратную сторону. В целом машина приспособлена для сложения, вычитать на ней неудобно.

Следующими этапами работы Чебышева стали изобретение новой модели суммирующей машины, которую в 1878 г. он передал в Парижский музей искусств и ремесел, а затем создание множительно-делительной приставки к суммирующей машине. Она также была передана в Парижский музей (1881). Таким образом, *арифмометр Чебышева* состоял из двух устройств: суммирующего и множительно-делительного.

Ряд новых идей был воплощен и во множительно-делительном устройстве. Главная и наиболее плодотворная из них заключалась в автоматическом переводе каретки из разряда в разряд. Кареткой, т. е. подвижной частью арифмометра, служила сама приставка. Для выполнения умножения и деления она устанавливалась на суммирующей машине, образуя с ней единый прибор. При выполнении умножения нужно было только вращать рукоятку арифмометра.

После умножения множимого на цифру одного разряда множителя арифмометр автоматически прекращал умножение и переводил каретку в следующий разряд. Затем счетный механизм снова включался, и начиналось умножение на цифру второго разряда множителя. Количество оборотов рукоятки автоматически контролировалось специальным счетчиком, который действовал до установленного числа множителя. Этот же счетчик переключал процесс вычислений и на передвижение каретки обратно.

Важную роль в развитии счетной техники сыграл **Вильголд Теофилович Однер** (1846–1905) – талантливый петербургский инженер-механик, сотрудник Экспедиции заготовления государственных бумаг. Он изобрел зубчатое колесо с переменным числом зубцов – основу конструкции арифмометров системы Однера, самых популярных в первой четверти XX в. (рис. 9). Впервые подобную зубчатку в 1709 г. предложил итальянец Дж. Полени, затем в 1872 г. – американский инженер Ф. Болдуин. С 1874 г. в этом направлении начал работать В. Т. Однер.



В. Т. Однер

Среди его изобретений известность получили: папиросная машина; механический ящик для тайного голосования, который предлагалось использовать во время выборов в Государственную думу; турникеты, применявшиеся почти во всех пароходных компаниях России; наконец, арифмометры. Особенность конструкции *механического арифмометра Однера* с рычажной установкой данных состояла в использовании в качестве основного элемента зубчатого колеса с переменным числом зубцов, названного по имени автора «колесо Однера». Колесо имело девять зубцов, угол между двумя зубцами



Рис. 9. Арифмометр Однера

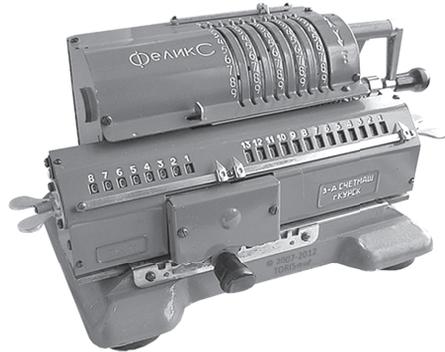


Рис. 10. Арифмометр «Феликс»

был равен единице. Каждому разряду отводилось одно колесо. При наборе чисел из тела колеса рычажком выдвигалось количество зубцов, равное устанавливаемой цифре. При полном обороте рукоятки зубцы входили в зацепление с промежуточными шестернями и поворачивали колесо счетного механизма на угол, соответствующий установленному числу. Происходила передача числа в счетчик. В отличие от других арифмометр Однера имел простую и надежную конструкцию, которая была настолько совершенна, что не претерпела серьезных изменений за все время существования арифмометров. Дальнейшие разработки были лишь более усовершенствованными вариантами арифмометра Однера (рис. 10, 11).

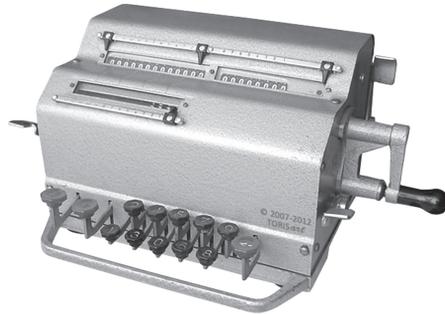


Рис. 11. Арифмометр усовершенствованный «ВК-1»

2.3. Возможности двоичного кода

Известно, что цифровой компьютер, независимо от его размеров и назначения, представляет собой систему передачи информации, выраженной в виде нулей и единиц.

В июле 1969 г., когда американский астронавт Н. Армстронг ступил на поверхность Луны, осуществив вековую мечту человека, телетайпы передавали подробности, в том числе краткую, но замечательную речь

Армстронга, в тысячи редакций газет и журналов по всему миру в виде специального кода, состоящего из импульсов, — электронного эквивалента нулей и единиц.

Высказывание Н. Армстронга гласило: «Это маленький шаг для человека и гигантский скачок для человечества». То, что связь между человеком, высадившимся на Луне, и Землей, праздновавшей это событие, осуществлялась при помощи нулей и единиц, глубоко символично и закономерно, потому что эти знаки двоичной системы счисления сыграли в истории огромную роль. С их помощью было закодировано все — от команд, отданных космическому кораблю при взлете, до инструкций, благодаря которым спускаемый аппарат экспедиции Армстронга при возвращении на Землю вошел в земную атмосферу под соответствующим углом.

Идея использования лишь двух символов для кодирования информации не нова. Барабаны, которыми пользуются некоторые племена африканских бушменов, передают сообщения в виде комбинаций звонких и глухих ударов. Другой, более современный пример двухсимвольного кодирования — азбука Морзе, в которой буквы алфавита представлены определенными сочетаниями точек и тире. Австралийские аборигены считали двойками, некоторые племена охотников-собирателей Новой Гвинеи и Южной Америки тоже пользовались двоичной системой счета.

Одним из первых двоичной системой заинтересовался Г. В. Лейбниц. В 1666 г., еще задолго до изобретения механического калькулятора, двадцатилетний Лейбниц написал труд «Искусство составления комбинаций» (*De Arte Combinatoria*), скромно назвав его «сочинением школьника», хотя уже заканчивал университет. Он изложил основы общего метода, позволяющего свести мысль человека, любого вида и на любую тему, к совершенно точным формальным высказываниям.

Однако при всей гениальности Лейбниц так и не смог найти полезно применения полученным результатам. Изобретенный им механический калькулятор, о котором говорилось выше, предназначался для работы с десятичными числами, и Лейбниц не стал переделывать его под двоичные, возможно, испугавшись очень длинных цепочек двоичных разрядов, необходимых для представления чисел. Известно, что поскольку в двоичной системе фигурируют лишь две цифры (0 и 1), то десятичное число 8 записывается в двоичной форме как 1000, а двоичный эквивалент десятичного числа 1000 выглядит очень громоздким: 1111101000. Цифра 1 у Лейбница ассоциировалась с богом, а нуль означал пустоту, т. е. Вселенную до того, как в ней появились иные существа, кроме бога. Из единицы и нуля, считал Лейбниц, произошло все. Точно так же любое математическое понятие можно выразить этими двумя цифрами [19, 49].

2.4. Своеобразие алгебры Буля

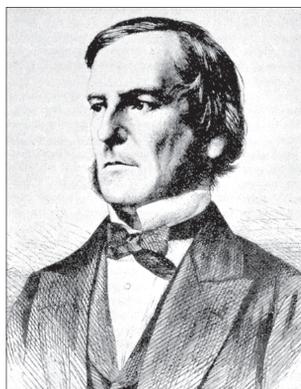
Изучением двоичной системы в Англии занимался **Джордж Буль** (1815—1864), выходец из бедной рабочей семьи, жившей в промышленном городе Линкольне на востоке Англии. В те времена сын простых рабочих вряд ли мог надеяться получить солидное образование, а тем более сделать карьеру ученого. Однако решимость и целеустремленность Джорджа не знали границ.

Предполагается, что Буль посещал школу для мальчиков в Линкольне, но основные знания по математике он получил от своего отца. Важную роль в образовании сыграло знание латинского языка, которым он овладел благодаря другу семьи — книжному торговцу. Когда книготорговец обучил его всему, что знал сам, Буль продолжил учебу самостоятельно и в возрасте 12 лет уже переводил классическую латинскую поэзию. Еще через два года он освоил греческий язык, а затем французский, немецкий и итальянский.

В 1831 г. в возрасте 16 лет Буль был вынужден начать работать. Четыре года он трудился помощником учителя, затем открыл собственную школу и приступил к чтению математических журналов из библиотеки местного научного учреждения. Тогда у Буля обнаружили поистине неординарные способности. Изучив горы научных публикаций, он овладел сложнейшими математическими теориями своего времени. У него возникли и собственные оригинальные идеи. На протяжении следующего десятилетия работы Буля регулярно печатались, и его имя приобрело известность в научных кругах. Деятельность Буля получила столь высокую оценку, что он, хотя формально не имел образования, был приглашен работать на математический факультет Королевского колледжа в Ирландии.

Все чаще Буль стал задумываться над вопросом, над которым задолго до него размышлял Лейбниц: как подчинить логику математике? В 1847 г. Буль написал важную статью на тему «Математический анализ логики», а в 1854 г. развил свои идеи в работе под названием «Исследование законов мышления». Эти основополагающие труды внесли поистине революционные изменения в логику как науку.

Своеобразная алгебра Буля представляет собой систему обозначений и правил, которая применима ко всевозможным объектам, от чисел и букв до предложений. Пользуясь этой



Дж. Буль

системой, Буль мог закодировать высказывания — утверждения, истинность или ложность которых требовалось доказать, — с помощью символов своего языка, а затем манипулировать ими подобно тому, как в математике манипулируют обычными числами.

Алгебра Буля имеет три основные операции — ИЛИ, И, НЕ. Хотя его система допускает множество других операций, часто называемых логическими действиями, указанных трех уже достаточно для того, чтобы производить сложение, вычитание, умножение и деление или сравнения символов и чисел. Логические действия двоичны по своей сути, они оперируют лишь двумя сущностями: «истина» и «ложь», «да» или «нет», «открыт» или «закрыт», нуль или единица. Буль надеялся, что его система, очистив логические аргументы от словесной шелухи, облегчит поиск правильного заключения и сделает его всегда достижимым.

В 1854 г. был опубликован труд Дж. Буля, описывающий основы *алгебры логики*. Значение этого факта для развития компьютеров так велико, что благодарные потомки даже решили назвать логические типы данных булевыми.

Булева алгебра подчиняется тем же законам, что и алгебра множеств, с операциями объединения, пересечения и дополнения. Применяя методы символической алгебры к дедуктивной логике, Буль получил наглядное свидетельство ее силы. Он показал, что из n данных высказываний повторным употреблением указанных выше связок можно построить 4^n логически неэквивалентных высказываний. Многие наблюдения позволяют сделать вывод, что существенные аспекты человеческой психологии и поведения имеют структуру дискретных математических систем, стоящих ближе всего к булевой алгебре, системам отношений и сетям (графам). Благодаря логике, математика учит человека мыслить, т. е. учит не только и не столько идеям, сколько тому, как обращаться, использовать эти идеи и извлекать новые [7].

Большинство логиков того времени либо игнорировали, либо резко критиковали систему Буля, но ее возможности оказались настолько велики, что она не могла оставаться без внимания. Американский логик **Чарльз Сандерс Пирс** (1839—1914) в 1867 г. познакомил с булевой алгеброй американскую научную общественность, кратко изложив суть этой системы в своем докладе для Американской академии наук и искусств. На протяжении двух последующих десятилетий Пирс потратил немало времени и сил, модифицируя и расширяя булеву алгебру. Он осознал, что бинарная логика Буля хорошо подходит для описания электрических переключательных схем. Например, ток в цепи может либо протекать, либо отсутствовать, подобно тому как утверждение может быть либо истинным, либо ложным.

Спустя почти сто лет созданный Булем математический аппарат, объединенный с двоичной системой счисления, стал основой для разработки цифрового электронного компьютера.

2.5. Открытия начала XX в.: пишущая машинка, азбука Морзе, телефон, радио, арифмометр

В 1829 г. **Уильям Остин Барт** (1792–1858) первым в Америке получил патент на работоспособную *пишущую машинку*. К сожалению, тогда его изобретение не вызвало интереса у промышленников. Знакомая же любому клавиатура с раскладкой QWERTY появилась лишь в 1874 г.

Самюэль Морзе (1791–1872), потратив семь лет на внедрение своего изобретения – электрического телеграфа, в 1844 г. послал первое телеграфное сообщение из Вашингтона в Балтимор, используя *азбуку Морзе*. В Англии еще с 1837 г. работал телеграф менее совершенной системы, который изобрели **Чарльз Уитстоун** (1802–1875) и **Уильям Кук** (1793–1876).

Двадцать лет спустя Уитстоун, продолжавший продвигаться в области телекоммуникаций, предложил применять в телеграфии перфорированную ленту (код Морзе, ставший к тому времени стандартом, перенести на бумажный носитель было легко). Производительность телеграфистов повысилась в десять раз: сообщения пересылались со скоростью сто слов в минуту. Ч. Уитстоун изобрел также аккордеон и стереоскоп.

В 1858 г. под Атлантикой проложили *первый телеграфный кабель*. Тремя годами позже телеграфная линия соединила атлантическое и тихоокеанское побережья США.

Александр Белл (1847–1922) в 1876 г. изобрел *телефон*. За несколько десятилетий этот вид связи получил неслыханную популярность и стал в один ряд с почтой и телеграфом.

В 1878 г. изобретена *лампочка накаливания*. Считается, что это открытие принадлежит **Томасу Эдисону** (1847–1931), однако он скорее популяризатор, а не изобретатель.

Экспериментируя с лампой, Т. Эдисон ввел в вакуумный баллон платиновый электрод, подал напряжение и обнаружил, что между электродом и угольной нитью протекает *электрический ток* (1883). Явление, известное как *термоэлектронная эмиссия*, тогда получило название «эффект Эдисона» и на какое-то время было забыто.

В 1889 г. наступил период активного использования арифмометров. Счетные машинки Г. Холлерита применялись для обработки результатов переписи населения Америки 1890 г., данные в них вводились с помощью перфокарт (таким образом статистики пересчитали 62 млн человек).

Радио было изобретено в 1895 г. Кто первым придумал передавать радиоволны сигналов, **Александр Степанович Попов** (1859–1906) или **Гульельмо Маркони** (1874–1937), неясно. Патент первым получил Маркони, поэтому формально «отцом» радиосвязи можно считать его. Заслуги итальянского ученого в развитии радиосвязи были столь значительны, что в общественном сознании его имя совершенно вытеснило имя Попова. Установившееся мнение о том, что заслуги Попова преувеличены советской пропагандой, безосновательно. Отрицание первенства итальянского физика началось сразу после получения им патента, т. е. в конце XIX в. Причем кроме России не признали его первенства такие страны, как США, Германия и Франция, отказавшие Маркони в выдаче патента.

В 1904 г. английский физик Дж. А. Флеминг, изучая эффект Эдисона, создал диод. Через два года благодаря работе американского изобретателя Л. ди Фореста появились триоды. Дальнейшее развитие привело к созданию тетродов, пентодов и т. д.

В 1907 г. петербургский ученый Б. Розинг подал заявку на патент электронно-лучевой трубки как приемника данных. Ассистентом у Розинга в то время работал будущий «отец» телевидения В. Зворыкин.

Глава 3

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ



- 3.1. Первые компьютеры на электромеханических реле.
- 3.2. Компьютеры на электронных лампах, разработки А. Тьюринга, принципы фон Неймана.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [10, 12, 19, 38, 58].

3.1. Первые компьютеры на электромеханических реле

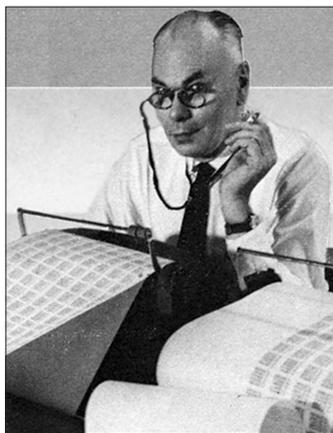
Появлению ЭВМ предшествовали электрорелейные компьютеры, которые создавались в первой половине 40-х гг. XX в. Наиболее известными из них были машины Г. Эйкена в США и К. Цузе в Германии.

В инженерной практике по-прежнему были необходимы и проводились изнурительные математические расчеты. Ученые-математики, как в свое время Г. Лейбниц, П. Чебышев и др., мечтали о машине, которая взяла бы на себя эту работу.

Молодой гарвардский математик **Говард Эйкен** (1900–1973), устав от бесконечных вычислений в процессе работы над докторской диссертацией,

не захотел довольствоваться имевшимися сортировальными машинами и калькуляторами и решил создать универсальный программируемый компьютер.

Компьютер «Марк-1». С разрешения командования военно-морского флота США, при финансовой и технической поддержке фирмы ИВМ Г. Эйкен принялся за разработку машины, в основу которой легли непроверенные идеи XIX в. и технологии XX в. Описания аналитической машины, оставленного Бэббиджем, оказалось достаточно. В качестве переключательных устройств в машине Эйкена использовались простые электро-механические реле; инструкции (программа обработки данных) были записаны на перфоленге. Эйкен не осознал преимуществ двоичной системы счисления, и данные вводились в машину в виде десятичных чисел, закодированных на перфокартах фирмы ИВМ.



Г. Эйкен

Первые испытания машины состоялись в начале 1943 г. «Марк-1», достигавший в длину почти 17 м и в высоту более 2,5 м, содержал около 750 тыс. деталей, соединенных проводами общей протяженностью около 800 км.

Вскоре машину временно передали в распоряжение военно-морского флота, ее использовали для выполнения сложных баллистических расчетов, которыми руководил Эйкен. «Марк-1» мог перерабатывать числа длиной до 23 разрядов. На сложение и вычитание тратилось 0,3 с, на умножение — 3 с. Такое быстродействие было беспрецедентным, хотя лишь незначительно превосходило показатели, запланированные Бэббиджем. За день машина выполняла вычисления, на которые раньше уходило полгода.

«Марк-1» использовали в Гарвардском университете 16 лет. Однако он так и не имел успеха, на который рассчитывали. Другие изобретатели при разработке компьютеров руководствовались более перспективными методами. По существу, «Марк-1» устарел еще до того, как был построен.

Первым серийным компьютером, положившим начало компьютерному буму, считается UNIVAC («Юнивак») — Universal Automatic Computer, разработанный в 1951 г. Дж. Эккертом и Дж. Моучли. Несколько модификаций этой машины применялись в различных сферах деятельности. Однако приоритет в создании первой ЭВМ в 1973 г. решением американского суда был отдан американскому профессору болгарского происхождения

Джону Атанасову (1903–1995), машина которого была построена на электромеханических и электронных компонентах.

Атанасов создал свою машину на основе двоичной, а не десятичной системы счисления. Он предполагал, что пользователи столкнутся со значительными трудностями при переводе чисел из десятичной системы в двоичную и наоборот. Однако простота двоичной системы, выражающаяся в использовании двух символов для представления чисел в электрических схемах компьютера, по мнению Атанасова, имела преимущество по сравнению с десятичной. С осени 1939 г. ученый начал работу и в 1949 г. построил экспериментальную модель электронного компьютера, который представлял собой специализированное устройство ABC («Эй-би-си») [18, 44].

В Германии лидерство в разработках компьютеров в тот период принадлежало **Конраду Цузе** (1910–1995).

В 1936 г. Цузе уволился из технической фирмы и занялся созданием компьютера. Через два года он завершил работу над машиной, которая занимала около 4 м² и представляла собой хитросплетение реле и проводов. Цузе придумал очень остроумное и дешевое устройство ввода: он стал кодировать инструкции для машины, пробивая отверстия в использованной 35-миллиметровой фотопленке. Машина, работавшая с перфорированной лентой, получила название Z2.

В 1941 г., вскоре после создания пробных моделей Z1 и Z2, Цузе построил действующий компьютер – программно-управляемое устройство, основанное на двоичной системе счисления. Машина Z3 была значительно меньше машины Эйкена и гораздо дешевле в производстве.

Машина преобразовывала десятичные коды в двоичные; восемь команд содержали четыре арифметических действия и извлечение квадратного корня; операции выполнялись с плавающей запятой. Время сложения составляло 0,3 с, умножения – 4 с. Емкость памяти на релейных схемах состояла из 6422-разрядных чисел, при этом семь разрядов отводилось для порядка и один – для знака числа.

Как машина Z3, так и ее «преемник» Z4 использовались для расчетов при конструировании самолетов и ракет. Цузе построил также несколько специализированных компьютеров; два из них помогали при оценке аэродинамических характеристик крыльев и рулей беспилотного,



К. Цузе

управляемого по радио самолета, который поступил в небольших количествах на вооружение германской армии в конце войны. Изобретение Цузе положило начало использованию компьютеров в качестве управляющих вычислительных машин.

3.2. Компьютеры на электронных лампах, разработки А. Тьюринга, принципы фон Неймана

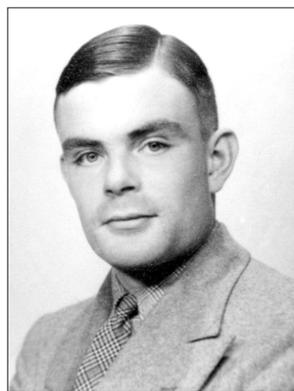
В 1942 г. австрийский инженер-электрик **Хельмут Шрейер** (1912–1984), который сотрудничал с Цузе, предложил создать компьютер принципиально нового типа. Было задумано перевести машину Z3 с электромеханических реле на вакуумные электронные лампы.

Рекламируя свое изобретение, ученые отмечали возможность использовать его для расшифровки закодированных сообщений, передаваемых британским командованием по рациям. Англичане также стали разрабатывать машину для поиска способов расшифровки секретов немецких кодов (проект «Ультра»).

Идея «Ультра» зародилась после успешной операции польской разведки в 1939 г., когда поляки создали точную копию немецкого шифровального аппарата «Загадка» и переправили его в Англию вместе с описанием принципа работы.

В надежде раскрыть секрет «Загадки» британская разведка собрала группу блестящих ученых и поселила их в Блетчли-Парке, обширном имении викторианской эпохи неподалеку от Лондона, изолировав от остального мира. Среди них были представители различных специальностей – от инженеров до профессоров литературы. В эту группу входил и математик **Алан Тьюринг** (1912–1954).

Неиссякаемый источник смелых и оригинальных идей, теоретик из Кембриджского университета, Тьюринг, наверное, был наиболее эксцентричным и, несомненно, самым одаренным членом группы. О его чудачествах ходили легенды. Говорили, что в Кембридже он никогда не ставил часы по сигналам точного времени и ни у кого не спрашивал, который час, а, учитывая положение определенной звезды, вычислял время в уме. В Блетчли-Парке он ездил на работу на велосипеде, часто в противогазе, чтобы избежать аллергии в период цветения трав. Однажды



А. Тьюринг

Тьюринг, обеспокоенный падением курса английского фунта, расплавил некоторое количество серебряных монет и закопал слиток на территории парка, но моментально забыл, где именно [19, 49].

Гениальность Тьюринга не вызывала сомнений. В 1936 г., в 24 года, он создал труд, сыгравший важную роль в развитии вычислительной математики и информатики. Работа касалась проблемы математической логики — описания задач, которые не удавалось решить даже теоретически. Пытаясь найти такое описание, Тьюринг использовал в качестве вспомогательного средства мощное, хотя и существующее лишь в его воображении, вычислительное устройство, предвосхитившее ключевые свойства современного компьютера.

Тьюринг назвал свое абстрактное механическое устройство «универсальная машина», поскольку оно должно было справляться с любой допустимой, т. е. теоретически разрешимой, задачей — математической или логической. Данные вводились в машину на бумажной ленте, поделенной на клетки-ячейки. Каждая ячейка либо содержала символ, либо была пустой. Машина могла не только обрабатывать символы на ленте, но и изменять их, стирая старые и записывая новые в соответствии с инструкциями, хранящимися в ее внутренней памяти.

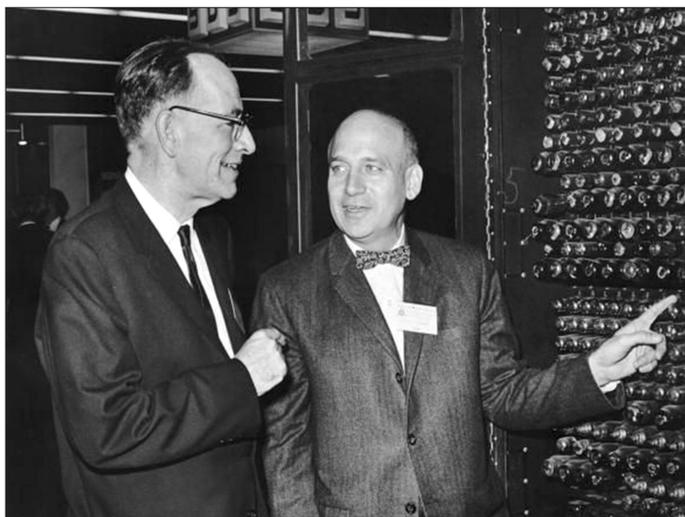
Некоторые идеи Тьюринга были воплощены в реальных машинах, построенных в Блетчли-Парке. Сначала удалось создать несколько *дешифраторов*, в которых использовались электромеханические переключатели такого же типа, как у К. Цузе в Берлине, Д. Стибица в Bell Telephone Laboratories (Bell Labs) и Г. Эйкена в Гарвардском университете. Работа этих машин строилась, по существу, методом «проб и ошибок», путем подбора всевозможных комбинаций из символов немецкого кода, пока не возникал какой-нибудь осмысленный фрагмент. Однако в конце 1943 г. ученые Блетчли-Парка сумели построить гораздо более мощные машины. Вместо электромеханических реле в них содержалось около 2 тыс. электронных вакуумных ламп. Примечательно, что именно такую технологию предлагал Цузе для создания новой машины, признанной в Германии нецелесообразной. Даже количество ламп совпадало. Англичане назвали новую машину «Колосс».

Тысячи перехваченных за день неприятельских сообщений вносили в память «Колосса» так, как это предлагал А. Тьюринг: в виде символов, закодированных на перфоленте. Ленту вводили в фотоэлектрическое считывающее устройство, которое сканировало ее со скоростью 5 тыс. символов в секунду, после чего в поисках соответствия машина сопоставляла зашифрованное сообщение с уже известными кодами «Загадки». Каждая машина имела пять считывающих устройств, в результате за секунду обрабатывалось около 25 тыс. символов.

Таким образом, в первых компьютерах, построенных К. Цузе и Г. Эйкеном, в качестве переключающих устройств использовались электромеханические реле. Вскоре реле были вытеснены электронными вакуумными лампами, которые «говорили» на двоичном языке уже значительно быстрее.

Принимая во внимание, что электромеханические реле работали недостаточно быстро, уже в 1943 г. американцы начали разработку альтернативного варианта вычислительной машины на основе электронных ламп. В 1946 г. **Джон Моучли** (1907–1980) и **Джон Эккерт** (1919–1995) создали электронную вычислительную машину **ENIAC** («Эниак») – Electronic Numerical Integrator and Computer, которая весила 30 т и для размещения которой требовалось 170 м². Машина считала в двоичной системе и производила 5 тыс. операций сложения или 300 операций умножения в секунду.

С начала Второй мировой войны сотрудники Лаборатории баллистических исследований Министерства обороны США, расположенной в районе Абердинского полигона (штат Мэриленд), трудились над созданием баллистических таблиц, необходимых артиллеристам в сражениях. Значение этих таблиц трудно переоценить. С их помощью артиллеристы могли делать поправки при наводке орудия с учетом расстояния до цели, ее высоты над уровнем моря, а также метеорологических условий – ветра и температуры воздуха. Однако чтобы построить таблицы, требовались очень



Дж. Моучли и Дж. Эккерт

длинные и утомительные вычисления: для расчета лишь одной траектории приходилось выполнять минимум 750 операций умножения, а каждая таблица включала не менее 2 тыс. траекторий. Дифференциальный анализатор позволял несколько ускорить расчеты, но это устройство давало лишь приблизительные результаты, для уточнения которых привлекались десятки людей, работавших с обычными настольными калькуляторами.

Дж. Моучли — физик, увлекавшийся метеорологией, — давно мечтал о создании устройства, которое позволило бы применить статические методы для прогнозирования погоды. Перед войной он смастерил несколько простых цифровых счетных устройств на электронных лампах.

В августе 1942 г. Дж. Моучли совместно с Дж. Эккертом высказал предложение о создании быстродействующего компьютера на электронных лампах. В то время армия крайне нуждалась в новых баллистических таблицах. Артиллеристы сообщали из Северной Африки, что из-за очень мягкого грунта орудия далеко откатываются при отдаче, и снаряды не достигают цели. Г. Голдстейн, до войны преподававший математику в Мичиганском университете, оценил значение предлагаемого проекта компьютера и от имени военного командования поспособствовал тому, чтобы проект приняли к разработке.

9 апреля 1943 г., когда Эккерту исполнилось 24 года, армия заключила с училищем контракт на 400 тыс. долл., предусматривающий создание быстродействующего компьютера ENIAC. Группа специалистов, работавшая над этим проектом, выросла до 50 человек. Дж. Моучли был главным консультантом проекта, Дж. Эккерт — главным конструктором.

Конструкция машины выглядела фантастически сложной: предполагалось, что она будет содержать 17 468 ламп. Такое количество объяснялось тем, что ENIAC должен был работать с десятичными числами. Моучли предпочел десятичную систему счисления, так как хотел, чтобы «машина была понятна человеку». Однако столь большое количество ламп, которые, перегреваясь, выходили из строя, приводило к частым поломкам. При 17 тыс. ламп, одновременно работающих с частотой 100 тыс. имп./с, ежесекундно возникало 1,7 млрд ситуаций, в которых хотя бы одна из ламп могла не сработать. Эккерт разрешил эту проблему, позаимствовав прием, широко используемый при эксплуатации больших электроорганов в концертных залах: на лампы стали подавать меньшее напряжение, и количество аварий снизилось до одной-двух в неделю.

В конце 1945 г. ENIAC был, наконец, собран и готов к проведению первого официального испытания. Он успешно выдержал проверку, обработав около миллиона перфокарт фирмы IBM. Спустя два месяца машину продемонстрировали представителям прессы. По размерам (около 6 м в высоту и 26 м в длину) этот компьютер более чем в 2 раза превосходил «Марк-1» Г. Эйкена. Однако двойное увеличение в размерах сопровождалось тыся-

чекратным ростом быстродействия. Это означало, что программы приходилось буквально «впаивать» в сложные электронные схемы машины. Если требовалось перейти от вычислений баллистических таблиц к расчету параметров аэродинамической трубы, то приходилось бегать по комнате, подсоединяя и отсоединяя сотни контактов, как на ручном телефонном коммутаторе [19, 49].

Тем не менее вакуумные лампы имеют серьезные недостатки: они занимают много места, потребляют огромное количество электроэнергии, выделяют много тепла и быстро выгорают. Пожалуй, нигде эти недостатки вакуумных ламп не проявлялись так заметно, как в машине ENIAC: 17 468 ламп выделяли столько тепла, что, несмотря на множество вентиляторов, установленных в машинном зале, температура в нем порой поднималась до 50 °С. Очевидно, если бы не появился переключатель нового типа, компьютеры так и остались бы огромными, неудобными и слишком дорогими машинами, которые никто, кроме правительства и крупных корпораций, не смог бы приобрести.

Более гибкой стала машина **EDVAC** («Эдвак») – Electronic Discrete Automatic Variable Computer – электронный дискретный переменный компьютер, автором которого считается **Джон фон Нейман** (1903–1957). EDVAC – компьютер, кодирующий данные в двоичной системе. Вместительная внутренняя память машины содержала не только данные, но и программу. Инструкции теперь не «впаивались» в схемы аппаратуры, а записывались электронным способом в специальных устройствах, о которых Эккерт узнал, работая над созданием радара: это заполненные ртутью трубки, называемые линиями задержки. Кристаллы, помещенные в трубку, генерировали импульсы, которые, распространяясь по трубке, сохраняли информацию, как ущелье «хранит» эхо. Существенно и то, что EDVAC кодировал данные уже не в десятичной системе, а в двоичной, что позволило значительно сократить количество электронных ламп.

В конце 1944 г., когда Моучли и Эккерт трудились над машиной EDVAC, способной хранить программы в памяти, на помощь им был направлен консультант Дж. фон Нейман, который в 41 год уже прославился как блестящий математик. Ему было суждено оказать огромное влияние на развитие вычислительной техники в послевоенные годы.

Джон фон Нейман родился в Венгрии в семье преуспевающего будапештского банкира. Он был продуктом той интеллектуальной среды, из которой вышли многие выдающиеся физики (Э. Теллер, Л. Сциллард, Д. Габор и Ю. Вигнер). Джонни (так звали фон Неймана его знакомые) выделялся своими феноменальными способностями. В шесть лет он перебрался с отцом остроумцами на древнегреческом, а в восемь освоил основы высшей математики. В возрасте 20–30 лет занимался преподавательской работой в Германии, внес значительный вклад в развитие квантовой механики – краеугольного камня ядерной физики – и разработал

теорию игр — метод анализа взаимоотношений людей, который нашел широкое применение в различных областях, от экономики до военной стратегии. На протяжении всей жизни фон Нейман любил поражать друзей и учеников своей способностью производить в уме сложные вычисления. Он делал это быстрее всех, вооруженных бумагой, карандашом и справочниками. Когда же фон Нейману приходилось писать на доске, он заполнял ее формулами, а потом стирал их настолько быстро, что однажды кто-то из его коллег, понаблюдав за очередным объяснением, пошутил: «Понятно. Это доказательство методом стирания».

Ю. Вигнер, школьный товарищ фон Неймана, лауреат Нобелевской премии, говорил, что ум Джона — это «совершенный инструмент, шестеренки которого подогнаны друг к другу с точностью до тысячных долей сантиметра». Это интеллектуальное совершенство было сдобрено изрядной долей добродушной и весьма привлекательной эксцентричности. Фон Нейман обладал фотографической памятью, однако не мог найти бокалы в доме, где прожил 17 лет. В поездках он порой так глубоко задумывался о математических проблемах, что забывал, куда и зачем должен ехать, и тогда приходилось звонить на работу за уточнениями.

Фон Нейману было не чуждо тщеславие во всех его проявлениях. Одевался он скорее как банкир с Уолл-стрит, а не профессор и всегда старался поддерживать знакомство с сильными мира сего. Он любил красивых женщин, вкусную, изысканную еду и очень увлекался всевозможными устройствами и механизмами, особенно автомобилями, которые разбивал примерно раз в год. Но больше всего — разумеется, помимо работы — он любил устраивать роскошные приемы у себя дома в Пристоне (штат Нью-Джерси), где работал в Институте перспективных исследований. На таких приемах он всегда старался быть в центре внимания, поражая гостей рассказами о европейских королевских фамилиях, цитатами из давно прочитанных книг или фривольными стихами из своей знаменитой «коллекции».

Фон Нейман был членом Комиссии по атомной энергии и председателем Консультативного комитета ВВС США по баллистическим ракетам. Он был настолько глубоко посвящен в различные секретные проекты, что во время его пребывания в 1957 г. в Вашингтонском госпитале Уолтера Рида командование ВВС США поручило уход за ним специальному медицинскому персоналу из служб безопасности. Разум этого блестящего ученого, в 54 года умиравшего от саркомы, начал сдавать от невыносимых болей, и Пентагон побаивался, что в бреду он может выболтать какую-нибудь военную тайну.



Дж. фон Нейман

Фон Нейман понимал, что компьютер — нечто большее, чем простой калькулятор, что, по крайней мере потенциально, он представляет собой универсальный инструмент для научных исследований. В июне 1945 г., менее чем через год после того, как фон Нейман присоединился к группе Моучли и Эккерта, он подготовил отчет, где обобщил работу над машиной

EDVAC. Этот отчет, озаглавленный «Предварительный доклад о машине EDVAC», представлял собой прекрасное описание не только машины, но и ее логических свойств. Фон Нейман, отвлекшись от радиоламп и электрических схем, сумел обрисовать формальную, логическую организацию компьютера.

Благодаря этому «Предварительный доклад...» Дж. фон Неймана стал первой работой по цифровым электронным компьютерам, с которой познакомился широкий круг научной общественности.

Архитектура компьютера. В своем историческом докладе фон Нейман выделил и детально описал ключевые компоненты того, что называют архитектурой фон Неймана. Чтобы компьютер был и эффективным, и универсальным инструментом, он должен включать следующие структуры:

- 1) центральное арифметико-логическое устройство (АЛУ);
- 2) центральное устройство управления, «дирижирующее» операциями;
- 3) запоминающее устройство, или память;
- 4) устройство ввода-вывода информации.

Фон Нейман отмечал, что эта система должна работать с двоичными числами, быть электронным, а не механическим устройством и выполнять операции последовательно, одну за другой.

Принципы фон Неймана

1. *Использование двоичной системы счисления в вычислительных машинах*, преимущество которой перед десятичной заключается в том, что устройства можно делать достаточно простыми, поскольку арифметические и логические операции в двоичной системе счисления также выполняются достаточно просто.

2. *Программное управление ЭВМ.* Работа ЭВМ контролируется программой, состоящей из набора команд. Команды выполняются последовательно, друг за другом. Создание машины с хранимой в памяти программой положило начало современному программированию.

3. *Использование памяти компьютера не только для хранения данных, но и для хранения программ.* При этом и команды программы, и данные кодируются в двоичной системе счисления, т. е. их способ записи одинаков. Это дает возможность в определенных ситуациях выполнять над командами те же действия, что и над данными.

4. *Ячейки памяти ЭВМ имеют адреса, которые последовательно пронумерованы.* Этот принцип открыл возможность использовать переменные в программировании, поскольку в любой момент можно обратиться к любой ячейке памяти по ее адресу.

5. *Возможность условного перехода в процессе выполнения программы.* Несмотря на то, что команды выполняются последовательно, в них можно реализовать возможность перехода к любому участку кода.

Самое главное следствие этих принципов – теперь программа уже не была постоянной частью машины (как, например, у калькулятора). Появилась возможность легко ее изменить. Аппаратура осталась прежней и очень простой.

Для сравнения, программа компьютера ENIAC (где не было хранимой в памяти программы) определялась специальными перемычками на панели. Чтобы перепрограммировать машину (установить перемычки по-другому), требовался не один день. И хотя программы для современных компьютеров могут писаться годами, работают они на миллионах компьютеров после установки за несколько минут на жесткий диск. Принципы, сформулированные фон Нейманом, стали общепринятыми и были положены в основу больших ЭВМ первых поколений, а также более поздних мини- и микроЭВМ.

EDSAC – компьютер с программами, хранимыми в памяти. Английский исследователь **Морис Уилкс** (1913–2010) в Кембриджском университете в 1949 г. завершил сооружение первого в мире компьютера с хранимыми в памяти программами. Компьютер получил название **EDSAC** («Эдсак») – Electronic Delay Storage Automatic Calculator – электронный автоматический калькулятор с памятью на линиях задержки.

Это первое успешное воплощение принципа хранения программы в памяти стало завершающим этапом в серии изобретений, начатых в военное время. Теперь открылся путь для широкого (уже послевоенного) распространения быстродействующих компьютеров, способных мгновенно извлекать программы из памяти и не только выполнять баллистические расчеты или расшифровывать коды, но и обрабатывать разнообразную информацию. Это было началом компьютерной эры.

Во время бомбежек Берлина в конце Второй мировой войны К. Цузе потерял все свои машины, за исключением Z4. Чтобы не попасть в плен в последние дни войны, он присоединился к группе ученых, разработавших ракеты в гитлеровской Германии, которые пытались скрыться в отрогах Альп и Баварии. В одном из грузовиков находилась машина Z4. Американцы, захватившие эту группу в плен, сразу предложили работу одному из ее членов, конструктору ракет В. фон Брауну (создал ракеты «Фау-2»). На Цузе, успевшего спрятать свою машину в подвале крестьянского дома, американцы не обратили внимания. В 1949 г. Цузе начал работать над коммерческими потоками машины Z4. Его дела пошли в гору, однако только спустя два десятилетия машины Цузе заняли подобающее место в истории развития компьютеров.

В 1947 г. в свет вышла книга американского математика **Норберта Винера** (1894–1964) «Кибернетика, или Управление и связь в животном и маши-

не», которая положила начало развитию теории автоматов и *кибернетики* — науки об управлении и передаче информации. Кроме того, была издана книга К. Шеннона «Математическая теория передачи информации».

А. Тьюринг в послевоенные годы участвовал в создании мощного компьютера, ряд свойств которого он взял от своей гипотетической универсальной машины. Опытный образец компьютера ACE (Automatic Computing Engine — автоматическое вычислительное устройство) вступил в эксплуатацию в мае 1950 г.

Дж. фон Нейман, работавший в Принстонском Институте перспективных исследований вместе с Г. Голдстейном, принимал участие в разработке нескольких компьютеров новейшей конструкции. Среди них была, в частности, машина, которая использовалась для решения задач, связанных с созданием водородной бомбы. Фон Нейман остроумно окрестил ее **MANIAC** («Маньяк») — **M**athematical **A**nalyzer, **N**umerical, **I**ntegrator and **C**omputer — математический анализатор, счетчик, интегратор и компьютер.

В скором времени компьютеры и фирма IBM стали в сознании людей почти синонимами, и большинство американцев были убеждены, что IBM и изобрела эти машины [5, 18, 19, 26, 49].

Глава 4

ПОСЛЕДУЮЩИЕ ПОКОЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ

- 4.1. Изобретение плоского транзистора и второе поколение компьютеров.
- 4.2. Создание интегральной схемы и третье поколение компьютеров.
- 4.3. На пути совместимости компьютеров.
- 4.4. Четвертое и последующие поколения компьютеров. Их основные характеристики.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [18, 23, 24, 29, 44, 48].

4.1. Изобретение плоского транзистора и второе поколение компьютеров

К концу 40-х гг. XX в., когда вступили в действие первые большие электронные компьютеры, специалисты начали искать замену громоздким и хрупким лампам, служившим усилителями. В центре внимания оказались кристаллические минералы под названием «полупроводники».

Только в США проблемой в области полупроводников занимались более десятка лабораторий.

В 1948 г., через два с половиной года после публичной демонстрации первого в мире большого цифрового компьютера ENIAC, в газете «Нью-Йорк таймс» была напечатана короткая заметка. В ней сообщалось об изобретении нового устройства — электронного прибора, транзистора, который мог найти применение в радиотехнике вместо обычных электронных вакуумных ламп. Хотя позже транзистор был признан одним из важнейших изобретений века, в то время мало кто смог по достоинству оценить его.

Благодаря транзистору — германиевому кристаллу величиной с булавочную головку, заключенному в металлический цилиндр длиной около сантиметра, — электроника ступила на путь миниатюризации, которая позволяла конструкторам разместить всю логическую систему ENIAC на плате величиной с игральную карту.

Транзисторы — «нервные клетки» современного компьютера. Эту роль они заслужили своим быстрым действием и надежностью при переключении и усилении электрических токов. Блокируя и пропуская ток (включение — выключение) или поддерживая невысокое напряжение чуть выше заданного порога (низкое — высокое), они дают возможность логическим схемам компьютера работать в двух состояниях, т. е. в двоичной системе, на которой основана обработка информации во всех современных компьютерах.

В чистом виде полупроводники действуют скорее как изоляторы: либо очень плохо проводят ток, либо не проводят вообще. Но стоит добавить в кристаллическую решетку небольшое количество атомов определенных элементов, как их поведение коренным образом меняется [19].

В конце 30-х гг. XX в. было установлено, что полупроводники, подобно радиолампам, могут работать как выпрямители.

Ученые научно-исследовательской лаборатории Bell Labs, входящей в компанию American Telephone and Telegraph (АТТ), а также других научных центров принимали участие в разработках военного времени. Они были уверены, что полупроводникам принадлежит будущее. Компания АТТ остро нуждалась в новых приборах, способных заменить радиолампы и электромеханические реле, которые использовались как усилители и переключатели в системе телефонной связи, охватывающей всю страну. Ключевыми фигурами среди физиков, перед которыми стояла задача изучить свойства полупроводников, были **Уолтер Браттейн** (1902—1987), экспериментатор, имевший за плечами 16 лет работы, и **Джон Бардин** (1908—1991), молодой талантливый теоретик, недавно пришедший в эту компанию.

Руководителем и признанным лидером группы был 35-летний **Уильям Брэдфорд Шокли** (1910—1989). Сын горного инженера, родом из Лондона. В работе он был предельно серьезен и результативен. После почти трех-

летних исследований, потребовавших около миллиона долларов, Bell Labs получила полупроводниковый усилитель.

В 1951 г. Шокли продемонстрировал миру первый надежный транзистор, представлявший собой трехслойный германиевый «сэндвич» толщиной около 1 см, заключенный в металлический корпус. В этой модели транзистора, которая получила впоследствии наиболее широкое распространение — так называемая модель *npn*, — тонкий слой полупроводника *p*-типа был зажат между двумя слоями полупроводника *n*-типа. Один из слоев *n*-типа служил эмиттером, другой — коллектором; средний слой *p*-типа представлял собой базу.

Выполняя те же функции, что и электронная лампа, транзистор имел значительно меньшие размеры и не имел недостатков, присущих лампам: у него не было хрупкого стеклянного корпуса и тонкой нити накаливания, он не перегревался и потреблял гораздо меньше электроэнергии.

Машины на электронных лампах работали существенно быстрее, но электронные лампы часто выходили из строя. Для их замены в 1947 г. Бардин, Браттейн и Шокли предложили использовать изобретенные ими стабильные переключающие полупроводниковые элементы — *транзисторы*. Через девять лет ученые получили Нобелевскую премию по физике за открытие транзисторного эффекта.



Слева направо: Дж. Бардин, У. Б. Шокли, У. Браттейн

В 1972 г. Дж. Бардин единственный из ученых был удостоен второй Нобелевской премии по физике — за исследования, которые он проводил в Иллинойском университете (в области сверхпроводимости металлов при сверхнизких температурах).

Хотя транзистор был выдающимся научным изобретением, он не сразу завоевал достойное место. Из-за трудностей в производстве цена прибора оставалась высокой: лучшие образцы транзисторов стоили до 8 долл. за штуку, а цена лампы не превышала 75 центов. Кроме того, еще предстояла значительная исследовательская работа, чтобы досконально изучить все свойства этого прибора.

В середине 50-х гг. XX в. стоимость транзисторов резко снизилась. В 1954 г. Г. Тил, физик, пришедший работать в компанию Texas Instruments, новичок в электронной промышленности, изготовил транзистор из кремниевого кристалла вместо германиевого. Кремний, основной компонент обычного песка, — самый распространенный на Земле (после кислорода) химический элемент, тогда как германий — довольно редкий; обычно его получают лишь в качестве побочного продукта при очистке цинка и добыче угля. И хотя для транзистора требуется мизерное количество германия (менее 0,05 мг), он дороже золота.

Как и электронные лампы, транзисторы, изготовленные при помощи существовавших тогда методов, при сборке схем приходилось соединять вручную и припаивать. Работа была очень тяжелой, а схемы занимали значительно больше места, чем хотели сторонники миниатюризации. Кроме того, все компоненты схемы образовывали хаотическое нагромождение, подверженное загрязнению и механическим повреждениям, что было существенным недостатком передовой кремниевой технологии.

Еще в 1952 г. Г. У. Даммер, английский специалист в области радиолокации, выдвинул смелое предположение, позволявшее создавать миниатюрные и при этом дешевые схемы. На симпозиуме, проходившем в Вашингтоне, он предложил размещать всю схему целиком — транзисторы, резисторы и другие компоненты — в сплошном блоке полупроводникового материала, но не реализовал свою идею. Позже один американский инженер, не знакомый с работой Даммера, воплотил ее в жизнь.

С активным внедрением транзисторов в 1950-х гг. связано рождение *второго поколения компьютеров*. Один транзистор был способен заменить 40 электронных ламп. В результате быстродействие машин возросло в 10 раз при существенном уменьшении веса и размеров. В компьютерах стали применять запоминающие устройства из магнитных сердечников, способные хранить большой объем информации.

Совершенствование первых образцов вычислительных машин привело в 1951 г. к созданию компьютера UNIVAC, над которым работали

Дж. П. Эккерт и Дж. Моучли, участники проекта ENIAC. Он стал первым серийно выпускавшимся компьютером, а его первый экземпляр был передан в Бюро переписи населения США и в 1952 г. убедительно продемонстрировал свою мощь, обработав предварительные данные о голосовании и «предсказав» победу Д. Эйзенхауэра на выборах.

В 1952 г. Н. Винер ввел в обращение термин «кибернетика».

В 1954–1957 гг. инженер из IBM Дж. Бэкус с сотрудниками начал разрабатывать язык программирования FORTRAN (FORmula TRANslation).

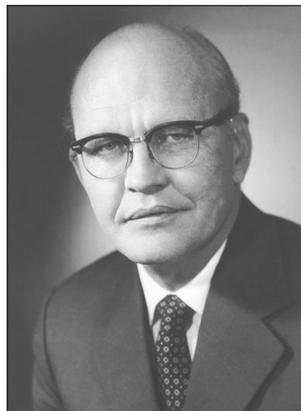
Появились первые матричные принтеры и прототипы первых винчестеров (IBM 305 RAMAC).

А. Азимов изобрел суперкомпьютер MULTIVAC, вся сохранившаяся информация о котором содержится в его рассказах «Годовщина», «Последний вопрос», «Выборы» и др.

4.2. Создание интегральной схемы и третье поколение компьютеров

Уроженец Канзаса **Джек Килби** (1923–2005), не добрав на вступительных экзаменах по математике трех баллов, не смог поступить в Массачусетский технологический институт. В мае 1958 г., проработав 10 лет в фирме, выпускавшей радио- и телевизионные детали, где ему удалось получить место после окончания Иллинойского университета, Килби с радостью ухватился за возможность перейти в фирму Texas Instruments. Эта быстро растущая компания, ставшая в 1954 г. одним из первых коммерческих производителей кремниевых транзисторов, выполняла в то время военный заказ по миниатюризации электронных схем.

Разработанный тогда метод микромодулей заключался в следующем: электронные элементы печатались на тончайших керамических пластинках, которые затем спаивали в виде стопки, получая нужную схему. Килби понял, что не только резисторы и конденсаторы можно делать из того же полупроводникового материала, что и транзисторы, но и все компоненты на одной и той же полупроводниковой пластине. Через несколько месяцев он убедил в правильности своей идеи скептически настроенного шефа, изготовив первый грубый опытный образец.



Дж. Килби

Первая *интегральная схема* (ИС) представляла собой тонкую германиевую пластинку длиной 1 см. Это устройство не отличалось особым изяществом. Пять компонентов схемы были изолированы друг от друга благодаря своей форме в виде букв U, L и т. п. Крошечные проволочки, соединяющие компоненты схемы друг с другом и с источником питания, просто припаялись. Вся конструкция скреплялась воском. Тем не менее схема работала. Фирма сообщила о рождении нового устройства в январе 1959 г. Для того чтобы продемонстрировать возможности новой технологии, компания построила для ВВС США компьютер.

Инженеры назвали устройства шедеврами миниатюризации — интегральными микросхемами (ИМС), но чаще их называют *чипами* (от англ. *chip* — щепка). Размером с ноготь, а часто и меньше, этот тоненький кусочек матового, похожего на металл вещества, называемого кремнием, способен обрабатывать и хранить информацию, решая практически любые задачи — от управления персональными компьютерами, видеоиграми и прочими домашними приспособлениями до управления роботами на сборочных конвейерах.

Каждая современная микросхема представляет собой многослойное сплетение сотен схем, настолько крошечных, что их невозможно различить невооруженным глазом. В этих схемах есть и пассивные компоненты: резисторы, создающие сопротивление электрическому току, и конденсаторы, способные накапливать заряд. Однако самыми важными компонентами электронных схем являются транзисторы — приборы, способные как усиливать напряжение, так и включать и выключать его, «разговаривая» на двоичном языке, который используется при электронной обработке информации.

Многочисленные и разнообразные компоненты ИМС формируются непосредственно в кристалле кремния (как мы уже говорили, это один из самых распространенных в природе элементов, содержание которого в земной коре составляет около 28 %). При обычных условиях кремний не проводит ток. Но при внесении примесей — незначительного количества таких элементов, как бор или фосфор, — свойства его кристаллической структуры меняются — и в кристалле могут распространяться электрические импульсы со скоростью, равной половине скорости света. До изобретения интегральной схемы (1959) каждый компонент электронной схемы изготавливался отдельно, а затем они соединялись пайкой. Появление ИС изменило всю технологию. Электронная аппаратура стала дешевле, универсальней, малогабаритней, надежней и более быстродействующей, поскольку электрическим импульсам приходилось преодолевать меньшие расстояния. Наиболее сложные современные ИМС содержат до нескольких сотен тысяч компонентов.

Микросхемы изготавливают из единого кристалла, слой за слоем, используя метод фотолитографии и травления, настолько точный, что до-

пуск не превышает 0,2 мкм. Благодаря этому сложному и тончайшему процессу была создана совершенно новая отрасль промышленности — *микрэлектроника*. К настоящему времени электронная промышленность, основанная на ИС, в целом превратилась в самую развитую отрасль производства в мире.

В 1959–1964 гг. был разработан язык COBOL, ставший основным языком программирования в 1960–70-х гг. Чуть позже появились языки ALGOL и Basic.

В изобретенных ИМС (чипах) все электронные компоненты вместе с проводниками помещались внутри кремниевой пластинки. Применение чипов в компьютерах позволило сократить пути прохождения тока при переключениях, и скорость вычислений повысилась в десятки раз. Существенно уменьшились габариты машин. Появление чипа знаменовало рождение *третьего поколения компьютеров*.

К началу 1960-х гг. компьютеры широко применялись для обработки большого количества статистических данных, производства научных расчетов, решения оборонных задач, создания автоматизированных систем управления. Высокая цена, сложность и дорогостоящее обслуживание больших вычислительных машин ограничивали их использование во многих сферах. Однако процесс миниатюризации компьютера позволил в 1965 г. американской фирме Digital Equipment Corporation выпустить *миникомпьютер PDP-8* стоимостью 20 тыс. долл., что сделало его доступным для средних и мелких коммерческих компаний.

Таким образом, после 1964 г. появилось третье поколение компьютеров, проектирующихся на основе интегральных схем малой (МИС — 10–100 компонентов на кристалл) и средней (СИС — 100–1000 компонентов на кристалл) степени интеграции. Была реализована идея проектирования семейства компьютеров с одной и той же архитектурой, в основу которой положено программное обеспечение, появились миникомпьютеры [19, 31, 44, 49].

4.3. На пути совместимости компьютеров

Представители IBM — гиганта компьютерной индустрии — 7 апреля 1964 г. провели 77 пресс-конференций в 15 странах мира. По словам главы фирмы Т. Уотсона-младшего, они сделали самое важное объявление за всю историю компании: сообщили о создании семейства машин, которое было названо «Система-360». Серия дебютировала шестью моделями, различавшимися по мощности и стоимости. По оценкам специалистов, на исследования, разработку и внедрение в производство одновременно шести машин компания затратила около 5 млрд долл., что вдвое превы-

шало расходы США во время Второй мировой войны на Манхэттенский проект, целью которого было создание атомной бомбы.

Споры особенно разгорелись при обсуждении двух принципиально новых подходов к разработке будущих компьютеров IBM. Согласно первому из них любая новая машина должна быть универсальной, т. е. справляться с широким спектром задач — от решения логических и вычислительных задач научного характера до обработки данных в сфере управления и бизнеса (название серии указывало именно на способность машин работать во всех направлениях). Однако до начала 1960-х гг. компьютеры конструировались в расчете либо на научное, либо на управленческое применение. К этому времени компьютеры, предназначенные для научных исследований, все чаще стали применяться в сфере бизнеса, и наоборот. Данная тенденция не осталась незамеченной в IBM.

Второй подход предполагал, что новые компьютеры должны быть совместимы друг с другом. В те годы в фирме IBM насчитывалось около 20 конструкторских бюро, разрабатывавших машины, мало приспособленные для обмена данными или программами между собой. Несовместимость машин различных моделей была характерна для компьютерной индустрии: каждая модель имела собственный центральный процессор и систему ввода-вывода, т. е. аппаратуру и правила связи между компьютером и такими устройствами, как клавиатура или принтер.

Технология «Системы-360» действительно стала поворотной точкой, так как совместимость ее моделей позволяла более гибко применять их ресурсы. До появления «Системы-360» пользователи были ограничены готовыми конфигурациями аппаратуры и программного обеспечения, которые поставлял изготовитель. Теперь владельцы вычислительной техники могли сами подбирать комплект аппаратуры и программного обеспечения, наиболее подходящий для конкретных условий.

Когда машины, управляемые компьютерами, связаны в единую систему, коэффициент их использования (т. е. та часть рабочего времени, в течение которой станки действуют) достигает 50–90 %, тогда как коэффициент загрузки отдельных машин, даже с компьютерным управлением, составляет лишь 10–30 %.

4.4. Четвертое и последующие поколения компьютеров.

Их основные характеристики

В 1970 г. сотрудник компании Intel **Марсиан «Тед» Хофф** (1937 г. р.) создал первый микропроцессор, разместив несколько интегральных микросхем на одном кремниевом кристалле. Это революционное изобретение

кардинально перевернуло представление о компьютерах как о громоздких, тяжеловесных монстрах. С микропроцессором появились микрокалькуляторы – компьютеры *четвертого поколения*, способные разместиться на письменном столе пользователя.

В 1967 г. завершена разработка первого объектно ориентированного языка программирования Simula.

Микропроцессоры, перечисленные в табл. 2, отражают важнейшие этапы развития этой отрасли. Первый из микропроцессоров Intel-4004, выпущенный в 1971 г., обрабатывал за одну операцию 4 бита данных. Такой компьютер мог выполнять 60 тыс. оп./с и стоил всего 300 долл. С этого времени быстродействие, сложность и вычислительная мощность микропроцессоров возрастали по экспоненциальному закону. В 1981 г. фирма Hewlett-Packard («Хьюлетт-Паккард») выпустила первый 32-битный суперчип, на разработку которого потребовалось более 1,5 лет.

Таблица 2

Технические характеристики некоторых микропроцессоров

Микропроцессор	Intel-4004	Intel-8080	«МОП-Технологии 6502»	«Моторола-68000»	«Хьюлетт-Паккард суперчип»
Год выпуска	1971	1974	1975	1979	1981
Число элементов	2250	4500	4300	70 000	450 000
Быстродействие	Складывает два 4-битных числа за 11 мкс	Складывает два 8-битных числа за 2,5 мкс	Складывает два 8-битных числа за 1 мкс	Умножает два 16-битных числа за 3,2 мкс	Умножает два 32-битных числа за 1,8 мкс
Значение	Первый микропроцессор	Первый универсальный микропроцессор; стал стандартом микрокомпьютерной технологии	Быстродействующий и дешевый; широко применялся в домашних компьютерах	Один из самых мощных и универсальных 16-битных микропроцессоров; производит умножение как одну операцию, а не путем повторных сложений	Первый 32-битный микропроцессор сложной конструкции

К этому же времени относится поколение компьютеров, характеризующихся использованием больших (БИС) (1000–100 000 компонентов на кристалл) и сверхбольших (СБИС) (100 000–10 000 000 компонентов на кристалл) интегральных схем. Компьютеры данного поколения в 1975 г. выпустила фирма Amdahl Corporation. Шесть компьютеров AMDAHL 470 V/6 в качестве элементарной базы имели БИС. В них стали использоваться быстродействующие системы памяти на интегральных схемах емкостью в несколько мегабайт. Особенность таких компьютеров в том, что в случае выключения машины данные, содержащиеся в оперативной памяти, сохранялись путем автоматического переноса на диск.

При включении запуск системы осуществлялся при помощи хранимой в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) программы самозагрузки, обеспечивающей выгрузку операционной системы и резидентного программного обеспечения в магнито-оптическом ПЗУ ПВ.

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

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

Для CISC-процессоров характерно:

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

Архитектура RISC (Reduced Instruction Set Computer – компьютер с сокращенным набором команд) появилась благодаря тому, что еще в середине 1970-х гг. некоторые разработчики компьютерных архитектур заметили, что даже у компьютеров сложной архитектуры большая часть времени уходит на выполнение простых команд. Это наблюдение легло в основу работ по созданию IBM 801 – первой RISC-машины, разработка которой была завершена в 1979 г. Понятие RISC введено Д. Паттерсоном, преподавателем университета Беркли, в 1980 г.

Основными чертами концепции RISC-архитектуры являются:

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

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

Архитектура **VLIW** (Very Long Instruction Word — с длинным командным словом) — статическая суперскалярная архитектура. Несколько простых команд упаковывается компилятором в длинное слово. Слово соответствует набору функциональных устройств. Распараллеливание кода выполняется на этапе компиляции, и в машинном коде уже присутствует явный параллелизм. Пример реализации VLIW-архитектуры — суперкомпьютер «Эльбрус-3».

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

- масштабируемость архитектуры до большого числа функциональных устройств;
- явный параллелизм в машинном коде;
- предикатное выполнение команд, исключаящее переходы. Команды из разных частей условного ветвления снабжаются предикатными полями и запускаются параллельно [38].

В середине 1970-х гг. предпринимались попытки создать персональный компьютер — вычислительную машину, предназначенную для частного пользователя. Во второй половине 1970-х гг. появились наиболее удачные образцы микрокомпьютеров американской фирмы Apple. В августе 1981 г. фирма IBM создала компьютер IBM PC, после чего персональные компьютеры получили широкое распространение.

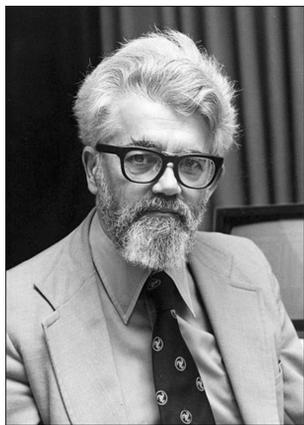
Применение принципа открытой архитектуры, стандартизация основных компьютерных устройств и способов их соединения привели к массовому производству клонов IBM PC, распространению микрокомпьютеров во всем мире.

В 1974 г. появился первый персональный компьютер SCALBI (SCientific, ELectronic and BIoLogical), который был построен на базе Intel-8008, имел 1 Кб памяти и стоил 565 долл. Желавшие могли увеличить память до 16 Кб за 2760 долл.

В 1975 г. IBM первой начала промышленное производство лазерных принтеров (через год разработала первый струйный принтер). Эти аппараты стоили в то время очень дорого. Например, Xerox 9700 (120 страниц в минуту) в 1977 г. можно было приобрести за 350 тыс. долл.

В 1984 г. фирма Hewlett-Packard выпустила свой первый лазерный принтер LaserJet.

Отцом «искусственного интеллекта» (ИИ) называют **Джона Маккарти** (1927–2011), который ввел данный термин и создал первый язык искусственного интеллекта LISP. Одни восхищались этим языком за его чистоту, другие усиленно использовали его для различных вычислений. Данный язык называют языком функций, символьным языком, рекурсивным языком или языком программирования функционального типа, в основу которого положен метод *X*-исчисления (разработан в 30-е гг. XX в. А. Черчем). LISP отличается от других языков тем, что выполнение программы не состоит из последовательности шагов, как в других языках. Он относится к языкам интерпретирующего типа. Маккарти исследовал идею увеличения общности. Суть ее – воспользоваться логикой для такого описания фактов, которое бы не зависело от того, как эти факты будут использоваться впоследствии. Теоретические исследования Дж. Маккарти привели к созданию «исчисления ситуаций», целью которых было нахождение способа описания результатов действий вне зависимости от проблемной области. Непрерывные события и события, происходившие одновременно, данной теорией не охватывались.



Дж. Маккарти

Другое теоретическое достижение Дж. Маккарти – метод ограничений для немонотонных рассуждений. В 1971 г. за заслуги в области искусственного интеллекта ученый был награжден премией Алана Тьюринга.

Работы в области ИИ можно классифицировать по типам решаемых задач: распознавание образов, доказательство теорем, принятие решений (в том числе в игровых ситуациях), понимание и синтез речи и текстов на естественных языках. Для решения этих задач на компьютерах необходима разработка соответствующих методов и средств представления и обработки знаний. В этом аспекте ИИ различают дедуктивные системы, математическую лингвистику и языки ИИ, нечеткие множества,

экспертные системы, нейрокибернетику. Применяемые методы опираются на одну из двух парадигм.

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

Вторая парадигма не связана со структурой мозга и природой живых организмов, а основана на идее «черного ящика», т. е. устройства, выполняющего сложные функции, которые характерны для мыслящих существ, однако никак не связанного с устройством мозга. Это направление ИИ ориентировано на поиск алгоритмов решения интеллектуальных задач на существующих моделях компьютеров.

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

М. Минский показал, что с помощью однослойного перцептрона можно решать лишь ограниченный круг практических задач [57]. Существенных успехов в 1970–80 гг. добиться не удалось, что вызвало снижение интереса к перцептронам и в значительной мере свертывание деятельности по реализации идей ИИ.

Важным стимулом возобновления работ в середине 1980-х гг. было создание в Японии проекта *компьютера пятого поколения*. Появились транспьютеры — параллельные компьютеры с большим количеством процессоров, а затем — нейрокомпьютеры, моделирующие структуру мозга человека.

С 1982 г. началась разработка пятого поколения компьютеров, в которых главной особенностью является их «интеллектуальность». Внимание создателей акцентировалось не столько на элементной базе, сколько на переходе от архитектуры, ориентированной на обработку данных, к архитектуре, ориентированной на анализ и синтез информации, необходимой человеку для решения проблем и получения новых знаний.

Разработка *компьютеров шестого поколения* основана на нейронных сетях. История интеллектуальных систем тесно соприкасается с историей ИИ. В 40-х гг. XX в. после создания ЭВМ, в частности благодаря работам Н. Винера, идеи появления интеллектуальных систем стали реальностью. В табл. 3 приводятся основные характеристики первых поколений компьютеров: их особенности, быстрдействие, программное обеспечение и примеры [19, 32].

Таблица 3

Основные характеристики первых поколений компьютеров

Поколение	Особенности	Быстродействие, оп./с	Программное обеспечение	Примеры
Первое поколение, после 1946 г.	Применение <i>вакуумно-ламповой</i> технологии, использование систем памяти на ртутных линиях задержки, магнитных барабанах, электронно-лучевых трубках (трубках Вильямса). Для ввода-вывода данных использовались перфоленды и перфокарты, магнитные ленты и печатающие устройства. Была реализована концепция программы фон Неймана	10–20 тыс.	Машинные языки	ENIAC (США); МЭСМ, БЭСМ-1, М-100, «Стрела» (СССР)
Второе поколение, после 1955 до 1963 г.	Замена электронных ламп как основных компонентов компьютера на <i>транзисторы</i> . Компьютеры стали более надежными, быстродействие повысилось, потребление энергии уменьшилось. С появлением памяти на магнитных сердечниках цикл работы уменьшился до десятков микросекунд. Главный принцип структуры — централизация. Появились высокопроизводительные устройства для работы с магнитными лентами, устройства памяти на магнитных дисках	100–500 тыс.	Алгоритмические языки, диспетчерские системы, пакетный режим	IBM 701 (США); БЭСМ-6, БЭСМ-4, Минск-1 (гл. конструктор Г. П. Лопато), Минск-22, Минск-32 (гл. конструктор В. В. Пржицкильковский) — самая распространенная ЭВМ в СССР, первая ЭВМ в СССР и Европе

Третье поколение, после 1964 г.	Компьютеры проектировались на основе <i>интегральных схем</i> МИС (10–100 компонентов на кристалл) и СИС (100–1000 компонентов на кристалл). Возникла идея, которая и была реализована, проектирования семейства компьютеров с одной и той же архитектурой, в основу которой положено главным образом программное обеспечение. В конце 1960-х гг. появились микромикропроцессоры. В 1971 г. создан первый микропроцессор	Порядка 1 млн	Операционные системы: управление памятью, устройствами ввода-вывода и др., режим разделения времени	IBM 360 (США); ЕС-1030, 1060, 1066 (СССР) (гл. конструкторы – Г. Д. Смирнов, Р. М. Асатуров, В. С. Антонов)
Четвертое поколение, после 1975 до 1982 г.	Использование при создании компьютеров БИС (1000–100 000 компонентов на кристалл) и СБИС (100 000–10 000 000 компонентов на кристалл). Появилось данное поколение в 1975 г. – фирма AMDahl Corporation выпустила шесть компьютеров AMDAHL 470 V/6, в которых были применены БИС в качестве элементной базы. Стали использоваться <i>быстродействующие системы памяти на интегральных схемах</i> – МОП ЗУПВ емкостью в несколько мегабайт. В случае включения машины данные, содержащиеся в МОП ЗУПВ, сохраняются путем автоматического переноса на диск. При включении машины запуск системы осуществляется при помощи хранимой в ПЗУ программы самозагрузки, обеспечивающей выгрузку операционной системы и реидентного программного обеспечения в МОП ЗУПВ. В середине 1970-х гг. появились первые персональные компьютеры	Десятки и сотни миллионов	Базы и банки данных	Суперкомпьютеры (многопроцессорная архитектура и использование принципа параллелизма), ПЭВМ; AMDAHL 470, ЕС-1036 (гл. конструктор – Р. М. Асатуров), ЕС-1061

400 тыс.,
V = 4096 Кб
2 млн,
V = 8 Мб

Окончание табл. 3

Поколение	Особенности	Быстрей- ствие, оп./с	Программное обеспечение	Примеры
Пятое поколе- ние, после 1982 г.	Главный упор при создании компьютеров сделан на их «интеллектуальность», переход от архитектуры, ориентированной на обработку данных, к анализу и синтезу информации, необходимой человеку для решения проблем, приобретения новых знаний и принятия решений	Итоговые значительные результаты не опубликованы. Исследования проводятся	Язык высокого уровня Modula-2, процессор КРОНОС	Транспьютеры – параллельные компьютеры с большим количеством процессоров КРОНОС, суперкомпьютер МАРС в СССР
Шестое поколение 1990— 1997 гг.	Основано на нейронных сетях – разработка продолжается. Белорусско-российская программа «СКИФ» (с белорусской стороны научный руководитель – С. В. Абламейко), создано семейство (16 моделей) высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой и кластерной организацией. Суперкомпьютер ASCRED.	716,8 млрд, V = 16 Мб		Нейрокомпьютеры, моделирующие структуру мозга человека: ANZA, DELTA, компьютеры серии «Геркулес»
2000— 2004 гг.	«СКИФ К-500» включен в список 500 наиболее мощных вычислительных установок в мире. «СКИФ К-1000» под номером 98 включен в список 500 наиболее мощных суперЭВМ в мире	3200 млрд 2534,4 млрд, 576 процессо- ров и 288 вы- числитель- ных узлов	9632 процес- сора Pentium Pго и 600 Гб ОЗУ Специальное системное программное обеспечение (2,5 трлн оп./с) и языковые средства для «СКИФ»	Суперкомпью- теры-кластеры «СКИФ К-500» (гл. конструкторы – Д. Б. Жаво- ронков, О. П. ЧиЖ), «СКИФ К-1000»

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

Первыми нейрокомпьютерами были перцептроны Ф. Розенблатта «Марк-1» (1958) и «Тобермори» (1964). К числу первых нейрокомпьютеров относится также «Адалин», разработанный Б. Уидроу [55], и некоторые другие. Во второй половине 1980-х гг. появились нейрокомпьютеры на микропроцессорах, примерами которых могут служить ANZA и DELTA. В 1990-е гг. были созданы нейрокомпьютеры на сигнальных процессорах.

Работы по проблемам ИИ проводились и в России. Одной из сфер приложений ИИ, позволяющей сравнивать возможности естественного и искусственного интеллектов, является игра в шахматы. В 1974 г. состоялся турнир шахматных программ, который выиграла советская программа «Каисса».

В 1990-е гг. были разработаны отечественные нейрокомпьютерные серии «Геркулес» и компьютеры на нейрочипах транспьютерного типа, в разработке которых принимали участие А. И. Галушкин, Ю. П. Иванов и др. [9, 32].

Глава 5

РАЗРАБОТКА КАЛЬКУЛЯТОРОВ И МИНИ-КОМПЬЮТЕРОВ

- 5.1. Хронология разработки калькуляторов.
- 5.2. Создание мини-компьютеров.
- 5.3. Первый персональный компьютер: С. Джобс и С. Возняк.
- 5.4. Первые выдающиеся разработчики операционной системы и компилятора: Б. Гейтс, Г. Хоппер.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [16, 19, 25, 26, 31, 49].

5.1. Хронология разработки калькуляторов

История современного электронного калькулятора берет начало в XVII в., когда шотландский математик Дж. Непер проторил путь механическим вычислительным машинам — изобрел логарифмы и продемонстрировал, что умножение и деление можно представить как ряд операций суммирования и вычитания.

Первым инструментом, созданию которого способствовали труды Непера, стала логарифмическая линейка (Англия, 1622), через два года после

нее появился первый механический калькулятор В. Шиккарда (Германия). Его «вычислитель» производил все четыре действия арифметики, однако это изобретение оставалось забытым до тех пор, пока немецкий историк Ф. Хаммер не обнаружил в 1935 г. записи о нем в архивах. Бумаги Шиккарда опубликовали в 1957 г., его признали создателем первого в мире механического калькулятора спустя более 300 лет после того, как это почетное звание досталось в 1642 г. изобретателю «паскалины» Б. Паскалю.

Француз Ш. де Кольмар в 1820 г. изготовил первый калькулятор, имевший коммерческий успех. Затем появился ряд настольных калькуляторов и суммирующих машин (арифмометров), но все они были слишком неудобными, громоздкими и дорогими, чтобы заменить логарифмическую линейку.

Калькулятор (лат. *calculator* – счетчик) – электронное вычислительное устройство для выполнения операций над числами или алгебраическими формулами.

Калькулятор заменил ручные (механические) вычислительные устройства и приспособления, такие как абаки, счеты, математические таблицы (прежде всего таблицы логарифмов), логарифмические линейки, механические или электромеханические арифмометры.

Если не считать простейших приспособлений для облегчения вычислений в виде обычных русских счетов, то первым устройством для автоматизации вычислений в России был арифмометр. Как уже отмечалось, серийное производство изобретенного в 1874 г. арифмометра началось с 1890 г. на Санкт-Петербургском механическом заводе. Модель оказалась настолько удачной, что выпускалась с небольшими усовершенствованиями до конца 1970-х гг. (модель «Феликс-М»).

Первый калькулятор изобретен за рубежом. В 1961 г. в Англии был представлен калькулятор Anita МК VIII. Однако советские ученые, быстро оценив преимущества этого изобретения, в 1962 г. продемонстрировали государственной комиссии сразу три варианта отечественного калькулятора. Из трех вычислительных устройств с названиями «Вега», «Вятка-Э» и «Лада» было выбрано первое. Его производство поручили Курскому заводу счетных машин, который в 1964 г. начал серийный выпуск изобретения. Это устройство предназначалось для сложных инженерно-технических расчетов и было довольно громоздким. В 1964 г. был разработан и поступил в серийное производство первый в СССР электронный калькулятор модели «Вега».

ЭВМ второго поколения уже успешно применялись в 60-х гг. XX в., но большинство людей по-прежнему пользовались арифмометрами, счетами, таблицами и др. В 1964 г. в СССР появились электронные клавишные

вычислительные машины (ЭКВМ). Они не были достаточно надежными в эксплуатации, поскольку содержали в сотни раз больше деталей, чем их механические предшественники. Кроме того, имели высокую стоимость. Процесс миниатюризации технических устройств, начавшийся в этот период в мире, привел к тому, что электроника стала осваивать схемы, детали которых измерялись тысячными долями миллиметра. Созданные БИС способствовали производству миниатюрной ЭВМ [45].

Как уже упоминалось, Дж. Килби (США), изобретший в 1958 г. первый микрочип, обратил внимание на миниатюрные электронные калькуляторы как область применения своих ранних изобретений. Вместе с двумя инженерами в 1967 г. Килби создал первый ручной электронный калькулятор. Через три года калькулятор стал еще меньше, легче и дешевле, в продажу поступил первый электронный карманный калькулятор, который называли «Покетроник» – «карманный электронный калькулятор» [16].

В СССР БИС были созданы в 1971 г. и выполняли роль функциональных блоков ЭВМ. На основе четырех встроенных БИС были разработаны первые ЭКВМ, которые называли микрокалькуляторами (МК). Электронная вычислительная техника с этого момента стала предметом широкого народного потребления, поскольку МК выполняли все арифметические действия за сотые доли секунды.

В 1970 г. произошел очередной технический прорыв. За рубежом стали продаваться калькуляторы, которые можно было держать в руке. Весили они около килограмма. В СССР лишь в 1971 г. появился настольный калькулятор, мгновенно завоевавший популярность благодаря высокой производительности, низкому потреблению электрической энергии и бесшумной работе.

Однако настоящее чудо произошло в следующем году, когда на полках иностранных магазинов появился первый карманный калькулятор длиной 13, шириной 8 и толщиной 3,5 см. Впрочем, стоимость этого аппарата была весьма высока – около 300 долл.

В СССР термин «микрокалькулятор» использовался для обозначения малогабаритного вычислительного устройства. Впервые его применили в 1973 г. для МК «Электроника БЗ-04». Просто калькуляторами называли большие по размеру настольные вычислительные устройства. И настольные, и МК официально назывались ЭКВМ. Впоследствии термины «калькулятор» (в рассматриваемом смысле) и «микрокалькулятор» стали синонимами.

В 1974 г. был разработан компактный советский МК «Электроника БЗ-04» с жидкокристаллическим индикатором. В том же году этот уникальный товар поступил в продажу. Считать на нем надо было учиться.

Однако недостаток компенсировался удивительной для того времени компактностью устройства. Огромным шагом в истории развития МК стало появление первого советского инженерного МК.

В конце 1975 г. в СССР был создан первый инженерный МК БЗ-18. По этому поводу в журнале «Наука и жизнь» (№ 10 за 1976 г.) в статье «Фантастическая электроника» было написано: «...Этот калькулятор перешел Рубикон арифметики, его математическое образование шагнуло в тригонометрию и алгебру. “Электроника БЗ-18” умеет мгновенно возводить в квадрат и извлекать квадратный корень, в два приема возводить в любую степень в пределах восьми разрядов, вычислять обратные величины, вычислять логарифмы и антилогарифмы, тригонометрические функции...».

После калькулятора БЗ-18 совместно с инженерами из ГДР выпущен МК БЗ-19М. В нем была использована так называемая обратная польская запись. Сначала набиралось первое число, нажималась клавиша ввода числа в стек, затем второе число, и только после этого – требуемая операция. Стек в калькуляторе состоял из трех регистров – X , Y и Z . В этом же калькуляторе впервые был применен ввод порядка числа и показ числа в формате с плавающей запятой (с мантиссой и порядком). В калькуляторе использовался 12-разрядный индикатор на красных светоизлучающих диодах.

В 1977 г. появился другой очень мощный инженерный калькулятор – СЗ-15. Он имел повышенную точность вычислений (до 12 разрядов), выполнял операции с порядками до $9,(9)$ в 99 степени, имел три регистра памяти – работал с алгебраической логикой.

В конце 1977 г. был разработан и в начале 1978 г. поступил в продажу первый советский программируемый МК БЗ-21. Он стал большим шагом вперед, так как до этого калькуляторы имели максимум три регистра памяти. Теперь же появилась возможность писать программы и хранить в памяти калькулятора несколько чисел. В данном МК было 60 шагов программы. Первые модели МК БЗ-21 выпускались с индикатором на красных светодиодах. Запятая занимала отдельный разряд. Затем индикатор поменяли на зеленый катодо-люминисцентный, из-за чего он стал работать на 20 % медленнее.

Первый программируемый калькулятор сразу получил большую популярность в стране. Пользователи могли не только писать сложные программы, но даже играть. Это было неслыханным нововведением. Начала выпускаться литература по технике программирования на программируемом МК. Один за другим известные научно-популярные журналы («Наука и жизнь», «Техника – молодежи», «Химия и жизнь») учили работать с калькулятором.

Одной из самых последних моделей среди инженерных МК стал МК-71 с питанием от солнечных элементов. Он появился как продолжение серии БЗ-34, БЗ-38 и МК-51. В этом калькуляторе, в отличие от БЗ-38 и МК-51, использовались алгебраическая логика вычислений, пять уровней скобок, возможность работы с простыми дробями и представления результата вычислений в градусах, минутах и секундах, гиперболические функции и механизм округления результата до требуемой точности. К тому же этот калькулятор — десятиразрядный.

В начале 1980-х гг. росло количество персональных компьютеров. В 1983 г. появился первый советский персональный компьютер «Агат» с процессором 6502, а в некоторых школах стали преподавать языки программирования.

В 1986 г. был создан первый советский МК с языком программирования Basic — микрокомпьютер «Электроника МК-85». Стоил он недешево (145 рублей), однако быстро раскупался в фирменных магазинах «Электроника» в Москве и Ленинграде.

Завершает наш исторический экскурс в мир МК суперкалькулятор МК-90, произведенный на минском заводе «Кристалл». Это был калькулятор с большим графическим экраном, который имел 16-разрядный процессор, совместимый с «Электроникой-60», ОЗУ — 16 Кб, ПЗУ — 16 Кб (пользователю доступно 11 824 байт); дисплей — 120 × 64 точек (8 строк по 20 символов). Завод «Кристалл» продолжает выпускать МК-90, а также еще несколько простых калькуляторов. Российские заводы в настоящее время, очевидно, полностью свернули производство МК. Импортные модели давно ушли далеко вперед. Для них нормой стало наличие 32 Кб памяти, большой графический или даже цветной дисплей, связь с компьютером и хорошее быстродействие.

В зависимости от возможностей и целевой сферы применения калькуляторы делятся на простейшие, бухгалтерские, инженерные (научные), финансовые. В отдельный класс обычно выделяют программируемые калькуляторы, дающие возможность выполнять сложные вычисления по предварительно заложенной программе, а также графические, поддерживающие построение и отображение графиков. Специализированные калькуляторы предназначены для выполнения вычислений в достаточной узкой сфере (статистические, медицинские, специальные финансовые расчеты и т. п.); такие калькуляторы сейчас чаще реализуются в виде программ для универсальных ПК, карманных ПК, планшетов.

По исполнению калькуляторы могут быть настольными или компактными (карманными). Отдельные модели имеют интерфейсы для подключения ПК, печатающего устройства, внешнего модуля памяти или иных внешних устройств. Существуют калькуляторы, встроенные в ПК, сотовые

телефоны и даже наручные часы. Специализированные калькуляторы встраиваются в бытовую технику (например, простой медицинский калькулятор в спортивном тренажере).

Современные программируемые калькуляторы обладают графическим экраном; встроенным языком программирования высокого уровня; возможностью связи с ПК (обычно для загрузки программ или данных) или внешними устройствами; системой символьных вычислений, включающей различные манипуляции с выражениями, решение уравнений или их систем, символьное дифференцирование и интегрирование, а часто и решение дифференциальных уравнений в символьном виде; программами для рисования различных двумерных и трехмерных графиков и диаграмм; операциями линейной алгебры; развитыми средствами статистического анализа данных; пакетом финансовых вычислений; вычислениями с комплексными числами. Многие имеют возможность программирования на компьютере с последующей кросс-компиляцией и загрузкой кода. Их память обычно составляет 100–400 Кб ОЗУ и сотни килобайт или даже мегабайт флэш-памяти. Часто используются процессоры с тактовой частотой десятки мегагерц.

Эмуляторы калькуляторов – распространенное компьютерное приложение – программа, рисующая на экране калькулятор с кнопками, которые можно нажимать мышкой (как правило, можно также нажимать цифровые кнопки на клавиатуре с тем же эффектом). Такая программа удобна для тех, кто привык работать с обычным калькулятором. Некоторые из них специально делаются для эмуляции (или симуляции) конкретной модели калькулятора, воспроизводя его внешний вид и все функции (в том числе и свойственные ему ошибки). При эмуляции калькулятора производится полное копирование функций калькулятора (используются коды прошивки калькулятора), при симуляции – лишь приблизительное повторение функций.

Другой подход к реализации калькуляторов в компьютере – ввод выражений с командной строки. Примером такой программы является *bc*. В целом это удобнее, поскольку можно вводить сложные выражения и при необходимости вызывать их повторно (с модификацией или без), а также видеть историю вычислений.

Краткая хронология разработки калькуляторов

1954 г. – фирма IBM продемонстрировала первый полностью транзисторный калькулятор.

1957 г. – IBM начала выпуск первых коммерческих калькуляторов на транзисторах (IBM 608).

1963 г. – в Англии стали выпускать первый массовый калькулятор Anita МК VIII (на газоразрядных лампах, полная клавиатура для ввода числа + десять клавиш для ввода множителя).

1964 г. — в США начат выпуск первого массового полностью транзисторного калькулятора Friden 130 (4 регистра, использовалась обратная польская запись). Первый серийный отечественный калькулятор «Вега».

1965 г. — компания Wang Laboratories выпустила калькулятор Wang LOCI-2, который мог вычислять логарифмы.

1969 г. — в США выпущен первый настольный программируемый калькулятор HP 9100A (транзисторный, использовалась обратная польская запись).

1970 г. — началась продажа калькуляторов, которые можно держать в руке (фирмы Sharp и Canon, вес калькуляторов порядка 800 г). Первый отечественный калькулятор, выполненный с использованием интегральных микросхем, — «Искра 110».

1971 г. — первый карманный калькулятор — модель 901В фирмы Vomwar размером 131 × 77 × 37 мм, с 4 операциями и 8-разрядным красным индикатором (на светодиодах); цена 240 долл.

1972 г. — первый инженерный калькулятор — HP-35 фирмы Hewlett-Packard;

1974 г. — первый отечественный МК «Электроника БЗ-04» (впервые использован термин «микрокалькулятор»).

1975 г. — появился калькулятор HP-25C, в котором программы и данные не пропадали при выключении питания.

1977 г. — разработан первый советский карманный программируемый МК «Электроника БЗ-21».

1979 г. — Hewlett-Packard выпустила первый калькулятор с алфавитно-цифровым индикатором HP-41C. Он был программируемым, с возможностью подключения дополнительных модулей — RAM, ROM, устройства чтения штрих-кодов, кассеты с магнитной лентой, флоппи-дисков, принтеров, разъемов RS-232, HP-IL, HP-IB.

1980 г. — появился БЗ-34.

1985 г. — выпущены МК-61 и МК-52.

1985 г. — первый программируемый калькулятор с графическим дисплеем Casio FX-7000G.

2007 г. — последний (на сегодня) отечественный калькулятор МК-152.

5.2. Создание мини-компьютеров

Машина, получившая название «Альтаир», была построена на основе микропроцессора Intel-8080, более мощного «потомка» версии 8008. С самого начала машина принесла огромный успех фирмам, производившим ПК, предвещая им многомиллионную прибыль. «Альтаир» построил

в Альбукерке (штат Нью-Мексико) офицер ВВС США с дипломом инженера-электронщика — лейтенант **Генри Эдвардс Робертс** (1941–2010). В 1971 г. он перестал заниматься калькуляторами и переключился на новое, значительно более мощное устройство — компактный, доступный по цене *цифровой компьютер*. «Альтаир» имел небольшую оперативную память — всего 256 байт, не было ни клавиатуры, ни экрана. Пользователи вводили программы и данные в двоичной форме, шелкая набором маленьких ключей, которые могли занимать два положения — вверх и вниз; результаты считывали также в двоичных кодах — по светящимся и темным лампочкам. Фирма Робертса изо всех сил старалась удовлетворить как можно больше заказов, однако не торопилась с разработкой программного обеспечения и внешних устройств, которые дали бы пользователям возможность не просто обладать компьютером, но и решать с его помощью серьезные задачи.

«Альтаир» с воодушевлением приняли тысячи экспериментаторов и электронщиков-любителей, мечтавших о собственном компьютере.

В 1974 г. в мартовском выпуске журнала радиолюбителей QST сообщалось о новом компьютере, который построила фирма Scelbi (штат Коннектикут), консультировавшая научные учреждения по вопросам применения вычислительной техники. Спустя всего четыре месяца у машины «Селби-8Н» появился первый конкурент — машина «Марк-8». Обе машины были основаны на новой интегральной микросхеме фирмы Intel — микропроцессоре 8008.

С 1975 по 1981 г. компьютерные технологии претерпели настолько большие изменения, что эти годы стали поворотным пунктом не только в истории вычислительной техники, но и во всей современной культуре. Благодаря кремниевому кристаллу громоздкий компьютер начал уменьшаться в размерах и цене. Это сопровождалось не менее значительным изменением в отношении людей к вычислительным машинам.

В 1975 г. идея ПК — машины, принадлежащей одному человеку, а не большой организации, — была лишь мечтой отдельных, наиболее ярких энтузиастов электроники. Предпринимателя, решившего в течение года продать по почте 800 компьютерных комплектов типа «сделай сам», финансировавшие его банкиры сочли безумцем; они ожидали, что количество покупателей будет вчетверо меньше. Но уже спустя 6 лет отношение к небольшим компьютерам в корне изменилось. Довольно разнородная группа, включающая, как правило, молодых предпринимателей, зарабатывала на них сотни миллионов долларов (правда, некоторые из них тут же разорялись).

Одна из новых фирм по производству ПК удивила финансовый мир, стремительно вторгшись в список 500 крупнейших американских компа-

ний (Fortune 500): она сделала это быстрее, чем какая-либо другая за всю историю существования. В первое пятилетие своей деятельности Apple Computer Inc. из частного, не имевшего капитала предприятия двух студентов, бросивших колледж и собиравших ЭВМ в одном из калифорнийских гаражей, выросла в корпорацию, владеющую капиталом, который, по оценкам специалистов, превосходил миллиард долларов.

В 1981 г., когда ЭВМ стали привычной принадлежностью школьных классов, деловых контор и даже квартир, количество проданных ПК превысило миллион. Стали появляться магазины по продаже компьютеров, а в газетных киосках увеличилось число журналов, выпускаемых с помощью ЭВМ. Более того, производство ПК так разрослось и стало приносить такую огромную прибыль, что привлекло внимание осторожного гиганта – корпорации IBM, изделия которой преобладали на рынке больших компьютеров. В 1981 г. фирма IBM подтвердила важное техническое, экономическое и культурное значение ПК, заявив о намерении начать производство собственной модели настольной ЭВМ.

История этого удивительного взлета – история виртуозных технических решений, утопических фантазий и коммерческой дерзости. Однако это была и история трезво мыслящих, напористых дельцов, готовых идти на риск, веривших, что мечты хакеров и мятежников 1960-х гг. можно осуществить с большой выгодой для всех – в том числе и для общества.

ЭВМ могли творить чудеса, но из-за своей огромной стоимости и технической сложности работали лишь в строго определенных условиях и были доступны только избранным.

Мини-компьютеры – машины нового класса, появившиеся в середине 1960-х гг., лишь слегка изменили положение дел. Будучи меньше и дешевле своих предшественников, занимавших целые залы, мини-компьютеры все равно оставались достаточно крупными и дорогостоящими.

Хотя ПК очень быстро завоевал мир, работа над ним длилась достаточно долго: потребовалось еще 8 лет, прежде чем прогресс, достигнутый в микроэлектронной технологии, завершился созданием коммерческого изделия, пользующегося большим спросом.

5.3. Первый персональный компьютер:

С. Джобс и С. Возняк

Автором идеи создания первого ПК (ноутбука) был А. Кей – сотрудник исследовательского центра фирмы Xerox. В дальнейшем Кей работал в компании Apple, основанной С. Джобсом.

Стив Джобс (1955–2011) – один из создателей, председатель совета директоров (2011), генеральный директор (2000–2011) компании Apple Inc. Занимал также посты исполнительного директора и члена совета директоров анимационной студии Pixar (1986–2006), являлся членом совета директоров компании Disney.

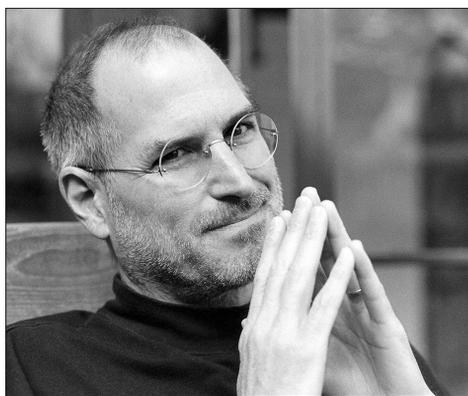
Стивен Пол Джобс родился 24 февраля в Сан-Франциско, штат Калифорния. Родители Стива, американка Джоан Кэрол Шибле и сириец Абдулфаттах (Джон) Джандали, отказались от ребенка спустя неделю после его рождения. Младенца усыновила семейная пара из городка Маунтин-Вью, расположенного в округе Санта-Клара, штат Калифорния, Пол и Клара Джобс.

Джобс окончил школу в городе Купертино в 1972 г. и попытался получить высшее образование в колледже Портланда, штат Орегон. Однако был отчислен после первого же семестра. Повышенный интерес к компьютерной технике и новым разработкам помог ему стать активным участником местного компьютерного клуба Homebrew Computer Club, на одном из заседаний которого он встретился со **Стивом Возняком** (1950 г. р.).

На момент создания компании Apple в 1976 г. С. Джобс работал в компании Atari, занимающейся разработкой компьютерных игр.

По инициативе Джобса Возняк создал ПК. Модель оказалась настолько удачной, что Джобс и Возняк решили приступить к серийному выпуску компьютеров. Началом сотрудничества Джобса и Возняка считается 1 апреля 1976 г. – официальная дата основания Apple Computer Inc.

На протяжении 10 лет под руководством Джобса Apple удавалось удерживать лидирующие позиции на рынке компьютеров. Успех первой модели компьютеров от Apple, названной Apple I (было продано около 200 машин,



С. Джобс



С. Возняк

что для начинающей компании — очень хороший показатель), был закреплен в 1977 г. с выпуском Apple II, который считался самым популярным компьютером на протяжении 5 лет.

С. Возняк и С. Джобс обладали уникальными способностями и профессиональными качествами. Оба увлекались электроникой, жили в Лос-Анджелесе, ходили в одну школу и были друзьями. Возняк (или Воз, как его звали друзья) был на 4,5 года старше Джобса, которому в 1983 г., когда Apple вошла в список 500 крупнейших американских компаний, исполнилось лишь 28 лет.

Вместе с тем в их склонностях и пристрастиях были и различия. Возняк придерживался весьма строгих взглядов, резко осуждая, например, употребление наркотиков, столь распространенное среди его сверстников. Уже в старших классах и на протяжении одного года учебы в Колорадском университете (это его первая попытка получить высшее образование), где он нахватал неудовлетворительных оценок, Возняк был настолько увлечен техникой, прежде всего компьютерами, что у него практически не оставалось времени ни на учебу, ни на общение со сверстниками.

Для Джобса компьютеры и электроника были лишь одним из многочисленных интересов. В поисках смысла жизни, интеллектуального, эмоционального и духовного удовлетворения он испробовал многое: наркотики, вегетарианство, голодание, медитацию, писал стихи, мечтая о литературной карьере. В колледже он проучился лишь один семестр и, прежде чем вернуться в Лос-Анджелес, перебивался случайными заработками. Интересуясь восточными религиями и тяготея к мистике, он несколько раз побывал в Индии, где посещал храмы и участвовал в религиозных празднествах. Занявшись бизнесом, он отдался делу почти с религиозным рвением человека, нашедшего смысл жизни.

Возняк, который никогда не сомневался, что смысл жизни заключается в компьютерах, любил проделывать всевозможные трюки, что резко контрастировало с его серьезным отношением к науке. Свои познания и практические навыки в электронике он нередко использовал для озорных затей.

Компьютеризированная переключательная система телефонной компании АТТ вызвала у Возняка такое восхищение, что он активно включился в подпольное движение «телефонных пиратов». Организовал бизнес. Это было их с Джобсом первое совместное предприятие. Возняк изготавливал «синие ящики» — электронные устройства, сигналы которых были тщательно откалиброваны и имитировали сигналы сети. Джобс занимался закупкой необходимых деталей и сбытом готовой продукции. За несколько лет до того, как Джобс и Возняк на законных основаниях приступили к разработке персональных компьютеров, «два Стива» зарабатывали тысячи долларов.

Оба поступили на работу в престижные фирмы Кремниевой долины (запад Калифорнии). Джобс программировал виде игры для компании Atari, основатель которой, Н. Бушнелл, доказывал, что из компьютерных развлечений можно извлекать миллионные прибыли. Возняк получил должность инженера в более солидной компании Hewlett-Packard. В 1975 г. Возняк и Джобс решили создать собственный ПК.

Машина, продемонстрированная Возняком на одном из собраний клуба Homebrew Computer Club осенью 1975 г., хотя и не подвела своего создателя, была встречена без особого энтузиазма. Так много любителей принесли до него подобные самоделки, что Возняк и его машина не произвели на избалованную публику сильного впечатления. Лишь немногие его коллеги заинтересовались тем, как он использовал новый микропроцессор 6502 фирмы «МОП-Технолоджи». Хотя это устройство было менее известно, чем популярный процессор Intel 8080, применявшийся в компьютерах «Альтаир», стоило оно значительно дешевле — всего 20 долл. Возняк поделился секретами своей конструкции со всеми желающими и даже помог некоторым построить собственные варианты машины. Идея сделать эту машину коммерческой принадлежала Джобсу. Он уговорил друга наладить производство компьютера для продажи членам клуба, а также для поставки в только что появившиеся в округе компьютерные магазинчики. В апреле 1976 г. друзья подписали контракт, тем самым официально оформив свое давнее партнерство. Так родилась компания Apple. (Третий партнер, Рон Уэйн, которому было поручено написать руководство для пользователей, вышел из предприятия уже через несколько месяцев.)

Именно Apple II открыл широкую дорогу перед новой индустрией — производством ПК.

В результате выхода корпорации в мир большого бизнеса Возняк и Джобс стали обладателями капитала, в сумме составившего около 400 млн долл.

Уже в 1981 г. корпорация IBM изготовила свой ПК — IBM PC, с появлением которого началась новая эпоха, возникла новая иерархия — администраторов в костюмах-тройках.

К 1985 г. на фоне выпуска ряда неудачных моделей компьютеров (коммерческий провал Apple III), потери значительной доли рынка и прекращающихся конфликтов в руководстве из Apple ушел Возняк, а позже и Джобс. В том же 1985 г. Джобс основал компанию NeXT, специализирующуюся в области создания аппаратного обеспечения и рабочих станций.

Год спустя С. Джобс стал одним из основателей анимационной студии Pixar. Под руководством Джобса Pixar выпустила такие анимационные фильмы, как «История игрушек» и «Корпорация монстров». В 2006 г.

Джобс продал Pixar студии Disney за 7,4 млрд долл. Он остался в совете директоров Pixar и одновременно стал крупнейшим физическим лицом — акционером Disney, получив в свое распоряжение 7 % акций студии.

Возвращение С. Джобса в компанию Apple состоялось в 1996 г., когда Apple решила приобрести NeXT. Он вошел в совет директоров компании и стал временным управляющим Apple, переживавшей в тот момент серьезный кризис. В 1998 г. по инициативе Джобса была приостановлена работа над откровенно неудачными проектами компании.

В 2000 г. из названия должности Джобса исчезло слово «временный», основатель Apple попал в Книгу рекордов Гиннеса как генеральный директор с самой скромной зарплатой в мире (по официальным документам на тот момент она составляла 1 доллар в год).

В 2001 г. С. Джобс представил первый плеер iPod. Через несколько лет продаж iPod стал основным источником дохода компании. Под руководством Джобса Apple к 2006 г. существенно укрепила свои позиции на рынке ПК, чему способствовал переход машин Macintosh на высокопроизводительные процессоры производства Intel.

14 января 2009 г. в своем обращении к сотрудникам Apple Джобс сообщил, что вынужден взять отпуск на лечение. Он пояснил, что это связано с состоянием его здоровья. Свои обязанности Джобс вновь попросил исполнять Т. Кука.

В феврале 2009 г. состоялось собрание акционеров Apple, переизбравшее на новый срок совет директоров, включая отсутствующего Джобса. При этом было подтверждено, что Джобс вернется к руководству компанией в июне. В марте того же года Джобс был заочно переизбран в совет директоров Disney. В середине июня стало известно, что еще за два месяца до этого Джобсу была проведена операция по пересадке печени. 29 июня 2009 г. пресса сообщила, что Джобс вернулся к работе в Apple.

В январе 2010 г. Джобс представил публике новое устройство Apple — планшет iPad.

В январе 2011 г. Джобс снова взял отпуск для лечения, но в марте 2011 г. лично презентовал публике новую версию планшета iPad.

24 августа 2011 г. Джобс объявил о том, что покидает пост генерального директора Apple Inc., поскольку больше не может «соответствовать своим обязанностям и ожиданиям». Новым генеральным директором стал Т. Кук, который ранее замещал Джобса на этой должности. Джобс был избран председателем совета директоров компании.

5 октября 2011 г. Джобс скончался. Причиной смерти стала остановка дыхания, вызванная злокачественной опухолью поджелудочной железы. Похороны прошли 7 октября, причем их место проведения держалось в тайне. Джобс был женат. У него осталось четверо детей.

5.4. Первые выдающиеся разработчики операционной системы и компьютера: Б. Гейтс, Г. Хоппер



Б. Гейтс

Билл Гейтс (1955 г. р.) — самый богатый человек планеты. В 1975 г. Билл с одноклассником П. Алленом написал версию Basic (работавшую на МК MITS Altair 8800). Вскоре они основали Microsoft. Их звездный час наступил в 1980 г., когда IBM наняла их разработать операционную систему DOS для своего ПК и дала Microsoft право продавать DOS другим производителям. С 1983 г. Microsoft спонсирует Windows.

Приступая к развертыванию Microsoft Network, Гейтс вспоминал, как они с Алленом верили в компьютерные коммуникации: «Мы думали, что это случится в 70-х и 80-х, но это произошло через 15 лет». Почему так долго?

Не была ясна коммерческая схема: как предоставлять пользователям в основном бесплатные услуги и как заставить платить рекламодателей. Компьютерам не хватало критической массы — пока их не использует значительное число людей, это ничего не стоит. Причина успеха Гейтса, согласно его собственному высказыванию, заключается прежде всего в умении сосредоточиться на перспективных целях, не поддаваясь соблазну решать сиюминутные задачи.

Грейс Мюррэй Хоппер (1907–1992) еще ребенком любила разбирать бу-дильники. Она была первой женщиной, получившей докторскую степень по математике в Йельском университете. Во время Второй мировой войны служила в вычислительном центре военно-морского флота США, располагавшемся в Гарварде. Там она стала программистом, работала на одном из первых в мире компьютеров. Вновь призванная на службу в 1967 г., Г. Хоппер трудилась до 1986 г. в должности главного системного аналитика.

Офицер военно-морского флота США и руководитель группы программистов в звании капитана («удивительная Грейс», как ее называли) разработала первую транслирующую



Г. Хоппер

шую программу для UNIVAC, которую она назвала *компилятором* (фирма Remington Rand). Эта программа осуществляла трансляцию на машинный язык всей программы, записанной в удобной для обработки алгебраической форме.

Г. Хоппер принимала участие в разработке COBOL. Позднее стала единственной женщиной — адмиралом военно-морского флота США.

Каждый, кто встречал Грейс, не мог не удивляться ее штормовой энергии. Одна из карикатур на Хоппер изображала ее отказывающейся переступить врата рая, пока святой Петр не обзаведется компьютером. В памяти коллег остался ее образ: женщина с сигаретой в углу рта произносит свою знаменитую фразу: «Прошу прощения, сэр, но ваше объяснение “мы всегда так делали” является самой вредоносной фразой истории». Г. Хоппер умерла в 1992 г. в возрасте 85 лет в чине контр-адмирала.

Глава 6

ПОЯВЛЕНИЕ СРЕДСТВ «ОБЩЕНИЯ» ЧЕЛОВЕКА С КОМПЬЮТЕРОМ

6.1. Алгоритмические языки программирования.

6.2. Технические средства «общения» человека с компьютером: средства ввода и вывода информации.

6.3. Выдающиеся советские ученые в области программирования: А. П. Ершов, А. А. Ляпунов.

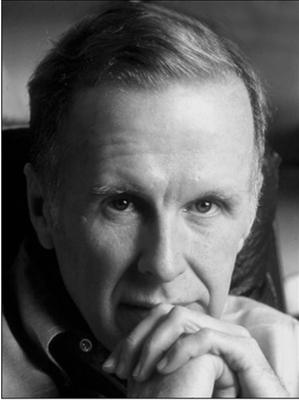
Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [18, 19, 23, 38, 50, 51].

6.1. Алгоритмические языки программирования

На наш взгляд, наиболее яркое, краткое и последовательное описание истории языков программирования дано И. П. Норенковым [38]. Согласно ему, одним из первых алгоритмических языков является Plankalkül, разработанный К. Цузе в 40-х гг. XX в. В отличие от многих других языков Plankalkül не был привязан к архитектуре и наборам команд конкретного компьютера.

Первые алгоритмические языки эпохи ЭВМ относятся к середине 50-х гг. XX в. Это языки FORTRAN и ALGOL, ориентированные преимущественно на численные расчеты. Фундаментальный вклад в создание в 1954 г. языка FORTRAN (FORmular TRANslation) и разработку компилятора для IBM 705 в 1958 г. внес **Джон Бэкус** (1924–2007).

Коллектив под руководством Бэкуса разработал спецификацию языка FORTRAN. Кроме того, это был первый язык, для которого наряду



Дж. Бэкус

со спецификацией были созданы компиляторы для многих ЭВМ, что обеспечило языку достаточно быструю и широкую распространенность.

Язык ALGOL (первоначальное название IAL, более позднее – ALGOL-58) был разработан в 1958 г. международным комитетом под руководством П. Наура.

В 1959 г. разработан язык COBOL (COmmon Business Oriented Language), предназначенный для расчетов в сфере бизнеса и экономики (Г. Хоппер и др.).

Новые версии языков начала 1960-х гг., FORTRAN II и ALGOL-60, были усовершенствованными вариантами своих предшественников. При описании языка ALGOL Дж. Бэкус

использовал обозначения и средства, которые стали называться нотацией Бэкуса – Наура и синтаксическими диаграммами.

Разработка языка PL/I относится к 1964 г. Его создатели из английского отделения IBM стремились совместить в этом языке возможности ALGOL и COBOL. Язык моделирования Simula-67 разработан в Норвегии К. Найгардом и О. Далом. В нем уже используются многие черты объектно ориентированного программирования.

С течением времени разрабатываемые программы становились все сложнее. Для преодоления возникающих трудностей требовалось разработать методологию программирования, которая превратит стихийное программирование в науку создания программных систем. Заметную роль для технологий разработки программного обеспечения сыграла концепция структурного программирования [17], основанная на положениях блочно-иерархического подхода к программированию. Ее автор – голландский ученый Э. Дейкстра (1930–2002), много сделавший для разработки информационных технологий. Ему принадлежат определения стека, семафора, разработка ряда алгоритмов (например, поиск кратчайшего пути) и т. п.

Язык программирования Pascal создан швейцарцем Н. Виртом на кафедре информатики Стэнфордского университета на базе структурного программирования. Первая публикация, описывающая язык, относится к 1970 г. Особенности языка являются его четкая структурированность, ясная логика определений, лаконичность описаний. Популярность язык приобрел после создания А. Хейльсбергом в компании Borland версии Turbo Pascal, в которой компилятор был объединен с редактором тек-

ста. Хейльсберг руководил разработкой среды Delphi, в которой Pascal стал объектно ориентированным языком Object Pascal.

Язык С («Си») создан в 1972 г. Д. Ритчем и К. Томпсоном из Bell Labs/Lucent Technologies при поддержке Б. Кернигана. Ими же в 1973 г. на языке С представлена операционная система UNIX. В рекламных целях UNIX распространялась в университетах почти бесплатно, вместе с UNIX – С. Благодаря эффективности исполнения программ, написанных на этом языке, он получил широкое применение. До сих пор С – один из лучших языков для системного программирования. Он стандартизован в 1989 г., стандартная версия языка обозначается ANSI C.

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

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

Универсальный язык программирования Ada был разработан по заказу Министерства обороны США в 1979 г. Список требований к языку прошел через несколько этапов утверждения. Руководителем группы разработчиков был француз Ж. Ихбиа. Вернувшись из Стенфорда в Швейцарию, Н. Вирт развивал методологию программирования. В 1980 г. в языке Modula-2 он реализовал концепцию модульного программирования, затем в Oberon-2 – объектно ориентированное и в Component Pascal – компонентно ориентированное программирование.

Создание объектно ориентированного языка С++ относят к 1984 г. Его автором является датчанин Б. Страуструп, сотрудник лаборатории АТТ Bell Labs, в которой уже были разработаны операционная система UNIX и язык программирования С, взятый за основу (вместе с идеями объектной ориентированности из языка Simula-67) и для С++. Страуструп не предполагал, что язык получит широкое распространение, он создавал его для себя, чем, возможно, и объясняется некоторая нестрогость его описания (как и языка С).

Язык программирования Java разработан в 1995 г. Дж. Гослингом из компании Sun Microsystems. Ведущую роль в мире в создании программного обеспечения для персональных компьютеров играет компания Microsoft. В 1980 г. появилась операционная система MS-DOS (Microsoft Disk Operation System) для первого IBM PC, затем были разработаны программы электронных таблиц Excel и текстовый редактор Word. В дальнейшем Microsoft регулярно обновлял основные компоненты программной системы MS Office, включая ОС Windows.

В последние годы развитием среды Microsoft .NET Framework занимается перешедший из Borland А. Хейльсберг. Он разработал язык С#

(«Си-шарп»). В силу определенных причин работы отечественных программистов не получили столь широкого распространения, как американских и западноевропейских. Однако в СССР проводились интересные разработки языков, программных систем и сред. В качестве примеров можно привести:

- технологию создания крупномасштабных программных средств для систем реального времени, созданную по проекту «Прометей»;
- язык обработки символьной информации «Рефал», разработанный В. Ф. Турчиным в МГУ;
- язык моделирования дискретных и дискретно-непрерывных систем «НЕДИС»;
- язык «Аналитик» для машин «Мир» и др.

Руководителем проекта «Прометей» был В. В. Липаев – председатель координационного совета Министерства радиопромышленности СССР по автоматизации проектирования программного обеспечения, написавший ряд книг по технологиям разработки, надежности и качеству программных систем [38].

6.2. Технические средства «общения» человека с компьютером: средства ввода и вывода информации

Параллельно с языковым аппаратом развивались технические средства, помогающие человеку вступить в контакт с ЭВМ. Рассмотрим внешние устройства, через которые осуществляется ввод информации в компьютер, и те, что служат для предъявления информации компьютером. Анализ показывает, что технические средства развиваются, повышается их интерактивность.

Компьютеры для подготовки текстов появились сравнительно недавно, однако попытки придумать механические устройства для письма предпринимались почти три столетия назад. В 1714 г. британская королева Анна санкционировала выдачу патента инженеру Г. Миллу, удостоверявшего, что тот изобрел «искусственную машину, или метод нанесения букв, по одной или последовательно одну за другой, как при ручном письме». К сожалению, в теории осуществить это оказалось проще, чем на практике. Милл не сумел построить работающую пишущую машинку; подобная участь постигла и других изобретателей, которые пытались реализовать на практике ту же идею. В 60-х гг. XX в. газетный редактор и издатель из штата Висконсин (США) К. Л. Шоулс решил эту проблему. Работая в местной мастерской, Шоулс и его компаньон К. Глидден придумали аппарат для последовательной нумерации книжных страниц. С этого простого устройства началась история пишущей машинки.

Шоулс запатентовал свое изобретение в 1867 г. С 1873 г. машинку Шоулса и Глиддена стала производить фирма Remington and Sons – солидная оружейная компания, в дальнейшем превратившаяся в Remington Rand. В 1951 г. она начала выпускать и продавать UNIVAC – первый коммерческий компьютер в США.

Успех к пишущей машинке пришел не сразу, но некоторые первые покупатели оценили ее очень высоко. Среди них и бывший типографский наборщик С. Клеменс, писавший книги под псевдонимом Марк Твен, ударяя по клавишам одним пальцем (слепая система машинописи была придумана несколькими годами позже).

Пишущая машинка не только произвела революцию в конторской работе, но и изменила состав служащих. Она обеспечила женщинам приемлемое в социальном отношении занятие помимо домашнего хозяйства. Однако вскоре женщины поняли, что это устройство не прощало ошибок: стоило случайно нажать не ту клавишу, и всю страничку приходилось перепечатывать. Появление в 20-х гг. XX в. электрической пишущей машинки не решило проблемы. Она работала быстрее и была удобнее для пальцев, однако по-прежнему один нечаянный удар не по той клавише – и неминуемая ошибка.

После Второй мировой войны появились первые компьютеры и модифицированные пишущие машинки стали применяться для печати выводной информации центрального процессора. Приблизительно через десять лет их использовали уже и для подготовки данных. Однако проблема ошибок и связанного с ними утомительного перепечатывания оставалась, что выглядело еще более досадным на фоне высокого быстродействия центрального процессора ЭВМ.

Молодому авиационному инженеру-исследователю Дж. Гилмору после возвращения со службы в морской авиации в период корейской войны предложили работать на новом компьютере TX-0. Еще аспирантом Гилмор написал в 1951 г. первую программу-ассемблер для компьютера «Вихрь». Он вплотную приблизился к компьютерной обработке текстов в современном смысле этого понятия. Намереваясь сконструировать более совершенное устройство ввода для машины TX-2, модернизированного варианта TX-0 (машина TX-1 не была построена), Гилмор написал в 1957 г. экспериментальную программу, которая позволила воспроизводить при помощи светового пера буквенные и цифровые символы на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Экран размерами 20 × 20 см содержал 512 × 512 элементов изображения (точек). Гилмор позже вспоминал, что они заполняли экран точками, а затем, пользуясь световым пером, выборочно убирали часть точек, рисуя таким образом символ.

Клавиатура на экране. Гилмор и его коллеги создали так называемую программу-редактор, которая давала возможность манипулировать символами. Программа выводила на нижнюю половину экрана изображение клавиатуры с 200 клавишами. Каждая клавиша на экране была представлена точкой. При касании одной из этих точек световым пером на верхней половине экрана, представляющей собой печатную страничку, появлялась соответствующая буква или цифра. Пользуясь этим устройством ввода, можно было даже ставить верхние и нижние индексы (написать 35°C или H_2O).

Самая интересная особенность программы-редактора заключалась в наличии так называемых функциональных клавиш — обязательных для современной компьютерной клавиатуры. Здесь были клавиши с функциями, аналогичными возврату каретки у пишущей машинки: табуляции, вертикальных и горизонтальных пропусков.

Появление неподвижной каретки. В 1961 г. фирма IBM выпустила машинку «Селектрик», которая не только коренным образом изменила конструкцию электрической пишущей машинки, но и стала важнейшим компонентом новой системы обработки текстов. Самым очевидным новшеством в машинке «Селектрик» был ее печатающий механизм. Литеры всех букв, цифр и знаков, обычно прикрепляемые к отдельным рычажкам, здесь были собраны на едином печатающем шаровидном элементе величиной с мяч для гольфа. Более того, этот сферический элемент быстро передвигался по странице, тогда как остальные компоненты машинки сохраняли неподвижность. До этого почти во всех моделях пишущих машинок движущейся частью была каретка. (Единственное исключение составляла первая примитивная электрическая машинка, запатентованная в 1872 г. Т. Эдисоном.)

С появлением «Селектрика» установился новый стандарт для конторских печатающих устройств. Вскоре на его основе были созданы терминалы для работы с компьютером. Как устройство вывода эта машинка обладала двумя выгодно отличавшими ее характеристиками: во-первых, скорость печати достигала 15 символов в секунду, что на 50 % превышало скорость обычной пишущей машинки, и, во-вторых, у нее была неподвижная каретка, благодаря чему бумага протягивалась в машинку более плавно.

Магнитное запоминающее устройство позволяло печатающему элементу работать быстрее, не опасаясь ошибок, которые можно было легко исправлять. Первое время служащие IBM, говоря о работе этого устройства, использовали термин «автоматизированная печать», а в 1965 г. один из сотрудников немецкого филиала фирмы У. Штайнхильфер применил термин, точнее описывающий электронный процесс манипулирования словами, *Textverarbeitung* («обработка текстов»), который прижился.

«Селектрик» обеспечил фирме IBM лидирующее положение вплоть до начала 1970-х гг. Но к тому времени вычислительная техника развивалась достаточно быстро. По мере того как аппаратура становилась компактнее и дешевле, благодаря массовому производству интегральных микросхем, появлялись и быстро сменявшие друг друга более совершенные системы обработки текста.

Рождение быстродействующих печатающих устройств. Возможно, самым удачным устройством в системе ввода-вывода компьютера UNIVAC был быстродействующий принтер. Машина предназначалась для крупных организаций, где она могла использоваться для расчета заработной платы, составления финансовых отчетов и инвентаризации. К этому времени уже существовали довольно совершенные печатающие устройства. Разработка принтера была поручена одному из руководителей проекта Э. Мастерсону; совместно с Дж. Эккертом ему удалось сконструировать *первый коммерческий высокоскоростной принтер*.

Когда первый UNIVAC вступил в эксплуатацию в 1951 г. — его приобрело Бюро переписи населения США, — Мастерсон еще трудился над опытным образцом своего изобретения. Но к 1954 г. он завершил разработку машины, и заложенные в ней принципы легли в основу будущей технологии устройств ввода-вывода. «Юнипринтер» Мастерсона работал построчно, отпечатывая целую строку из 120 символов практически одновременно, а не по одному символу, как это делали все принтеры со времени появления пишущей машинки в XIX в.

В 1952 г. корпорация IBM представила свой первый полностью электронный цифровой компьютер, получивший название «Модель-701». Хотя в этой машине по-прежнему использовались перфокарты, она включала также целый набор новых, перспективных устройств ввода-вывода, в том числе мониторы на ЭЛТ, быстродействующие построчные принтеры и накопители на пластмассовой магнитной ленте. За первой машиной вскоре последовала «Модель-702». Предназначенная для широкого коммерческого применения, она предусматривала варианты ввода данных в машину — с перфокарт и магнитной ленты, а также вывода информации — на магнитную ленту или печатающее устройство.

К середине 1950-х гг. инженеры фирмы уже занимались разработкой магнитных дисков для хранения информации и так называемого синхронизатора данных, который управлял взаимодействиями периферийных устройств компьютера и его центрального процессора (ЦП).

Ввод информации в ЭВМ ранее производился с помощью *перфокарт*. Единожды нанесенная на карту и введенная в машину информация уже как бы отчуждалась от человека, выходила из-под его контроля, ошибки в ней были не очевидны, а коррекция их — возможна только при замене информации и повторном вводе. В настоящее время этот способ ввода практически не применяется.

Следующим способом ввода информации был *ввод с клавиатуры*, подобной клавиатуре пишущей машинки, но включающей в себя, помимо букв и цифр, ряд символов для обозначения специальных функций. Этот способ внес интерактивный момент в контакт человека с машиной, перевел общение в реальный масштаб времени. До сих пор клавиатура остается одним из наиболее распространенных устройств ввода.

Затем появились *сенсорные устройства ввода* типа светового карандаша, сенсорного экрана. В основе их лежала идея более простого и непосредственного взаимодействия человека с машиной (например, с помощью прикосновения пальца к экрану). Хотя это в некоторых случаях и удобный способ (например, для детей), но, к сожалению, точность его невелика, и поэтому требуется дополнительная зона надежности вокруг каждого объекта на экране, что уменьшает число представляемых объектов.

В дальнейшем возник ряд разнообразных устройств ввода: *рычаг, джойстик, мышь, шар*. Принцип их действия схож: в зависимости от изменения положения устройства меняется положение курсора на экране, и в нужной зоне экрана информация вводится нажатием соответствующей кнопки. Подобный принцип реализуется при вводе с помощью графического планшета. Эти способы ввода информации направлены на предельное упрощение процедуры взаимодействия с машиной и, следовательно, на облегчение общения.

Что касается устройств вывода, то их эволюция также отражает стремление к углублению общения. Сначала задачу выдачи результирующей информации пользователю выполняло *алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ)*. И до сих пор это одно из самых распространенных и эффективных устройств вывода, которое делает распечатки (листинги) результатов расчетов, текстов программ, исходных или промежуточных данных и любой информации, хранящейся в памяти ЭВМ. Затем появились *дисплеи, экраны типа телевизионных*. Несмотря на то, что это были простые буквенно-цифровые дисплеи, они давали возможность взаимодействия в режиме реального времени. Достоинства «твердой копии» были дополнены графопостроителями, запечатлевающими на бумаге графическую информацию. Далее было создано большое разнообразие типов дисплеев, решающих различные задачи и обладающих огромными возможностями в плане графики, мультипликации, цвета и пр. Используются они и для демонстрации слайдов и видеозаписей. Именно дисплей, наглядно представляющий пользователю необходимую информацию и дающий возможность немедленно вмешаться, остается наиболее популярным средством взаимодействия.

Еще больше к естественному приблизилось общение с разработкой систем акустического вывода, причем не только генерации речи, но и просто звукового сигнала. Приведем примеры использования компьютеров в нестандартных ситуациях.

Проверка реакций быстрой обратной связью. Человек, садясь за руль испытательного автомобиля в западноберлинском исследовательском центре фирмы «Даймлер-Бенц», попадает в чрезвычайно сложное компьютерное устройство ввода-вывода — тренажер. Пользуясь методами, разработанными для обучения пилотов реактивных лайнеров, эта автомобилестроительная компания создала тренажер, имитирующий для машины условия движения по залитой дождем шоссейной дороге, которую к тому же перебегают беспечные пешеходы. Человек «ведет» машину, реагируя на фиктивные события. Так формируется замкнутая цепочка: событие — реакция. Водитель управляет автомобилем, а датчики, связанные с рулем и педалями, посылают соответствующую информацию быстродействующему компьютеру, который рассчитывает динамику изменения ситуации в реальном масштабе времени, решая каждые 10 мс около 2000 уравнений. Результаты расчетов поступают затем во вторичные компьютеры, управляющие не только меняющимся изображением, но и звуковыми эффектами, например визгом покрышек при торможении.

Новые изображения и звуки выводятся 50 раз в секунду — настолько быстро, что водитель не замечает ни смены кадров, ни временной задержки. Специалисты надеются, что эта система поможет изучить, как ведет себя водитель в сложных или опасных ситуациях, встречающихся в реальной жизни, и в конечном счете позволит создать более безопасные автомашины.

Иногда управляемые компьютерами системы обрабатывают данные от разнообразных датчиков. К таким системам относятся, например, компьютеры, координирующие работу крупных городских учреждений. В большинстве городов мира с виду обычные здания пронизаны «нервной системой» телефонных линий, микроволновых каналов, волоконно-оптических «проводов» — сверхтонких стеклянных волокон, по которым информация передается в виде световых импульсов. И эта всевидящая, вездесущая система координируется компьютером, играющим роль мозга.

Компьютер управляет окружающей средой. В зданиях с высокой автоматизацией центральный компьютер координирует работу целого ряда подсистем, которые следят за потреблением электроэнергии, обеспечивают охрану здания, в том числе противопожарную. Центральный компьютер можно запрограммировать так, чтобы он осуществлял определенные действия перед приходом сотрудников, например регулировал температуру в здании соответственно внешним погодным условиям, данные о которых поступают от датчиков, расположенных в опорных точках. Если на улице необычайно холодно, компьютер включает отопительную систему раньше; если требуется кондиционирование, компьютер решает, какой способ вентиляции экономичнее — за счет внешнего поступления воздуха или внутренней циркуляции.

Помимо информации от датчиков температуры и влажности воздуха на центральные компьютеры многих автоматизированных зданий поступают также сигналы от детекторов дыма. При возникновении пожара эти детекторы срабатывают, посылая сигнал компьютеру, который автоматически оповещает пожарную охрану. Затем компьютер, включив магнитофонную запись, может через громкоговоритель обратиться к персоналу, советуя пользоваться лестницами, а не лифтами.

Компьютеры помогают также различными способами экономить расходы, например на освещение и отопление. Центральный компьютер может регулировать подачу электроэнергии в помещения и системы, увеличивая или уменьшая ее в зависимости от потребления в других местах. В случае необходимости — например, в часы пикового потребления энергии — освещение во второстепенных помещениях может быть ослаблено, отключены некоторые вентиляторы и снижена температура горячей воды. Когда потребление опять снизится, компьютер вернет системы в нормальный режим работы, следя за тем, чтобы суммарное потребление не превысило установленного предела.

Счетверенная система управления. Системы управления полетом американских космических кораблей серии «Шаттл» подключены к четырем универсальным цифровым компьютерам, называемым орбитальными. Датчики высоты, скорости, угла наклона постоянно передают информацию в компьютеры. Каждый из четырех компьютеров обрабатывает информацию независимо от других и посылает команды на выводные устройства, например гидравлические системы управления рулями. На космическом корабле эти выводные устройства служат также последним рубежом защиты от возможных ошибок компьютеров. Поскольку все четыре компьютера одновременно обрабатывают одни и те же данные, каждый из них должен посылать одни и те же сигналы управления на рулевые поверхности. Если сигналы, поступающие от какого-то одного компьютера, не согласуются с сигналами от трех других, то его выходные данные путем «электронного голосования» признаются недействительными. Если расхождения сохраняются, то компьютер, посылающий неправильные сигналы, отключается.

В США, например, приблизительно через 6 мин после, казалось бы, безупречного старта космического корабля «Челленджер» обнаружили неполадки в одном из трех основных двигателей. Командир экипажа Г. Фаллертон сумел вывести корабль на круговую орбиту высотой 304 км над Землей, что на 80 км ниже запланированной. Хотя эта орбита не была оптимальной, семь человек экипажа «Челленджера» смогли выполнить программу научных исследований без особых проблем и через 8 дней вернуться на Землю с большим количеством ценных астрономических данных.

Инженеры Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (НАСА) устранили указанные неполад-

ки при запуске следующего «челнока», установив датчики из более термостойкого материала. Тем не менее этот инцидент еще раз свидетельствовал, что даже самая совершенная компьютерная система хорошо выполняет свои функции только тогда, когда получает правильную информацию.

Б.3. Выдающиеся советские ученые в области программирования:

А. П. Ершов, А. А. Пяпунов

Деятельность академика **Андрея Петровича Ершова** (1931–1988) неразрывно связана со становлением системного и теоретического программирования, развитием этих направлений, формированием их методологической фазы. Ему принадлежат фундаментальные результаты в теории операторных схем, общей теории экономии памяти, теории схем программ с распределенной памятью, а также начальная формулировка теории схем параллельных программ, развитая впоследствии его учениками.

В середине 1970-х гг. А. П. Ершов начинал не для всех понятную тогда работу по введению школьников в мир вычислительной техники, по научному и экспериментальному обоснованию идей информатизации образования. Являясь признанным лидером в этой области, он много сделал для становления нового общеобразовательного учебного предмета «Основы информатики и вычислительной техники».

А. П. Ершов родился в Москве 19 апреля. Учась в школе, он, конечно, не мечтал о профессии программиста, так как в те годы такой профессии попросту не существовало.

В 1958 г. им была опубликована монография «Программирующая программа для быстродействующей электронной счетной машины» (ПП для БЭСМ), которая является первой в мировой литературе монографией по автоматизации программирования. Она сразу же была издана за рубежом.

В ноябре 1958 г. А. П. Ершов принял участие в конференции по механизации процессов мышления, которая состоялась в Теддингтоне (Англия). Там он встречался с Дж. Бэкусом, Г. Хоппер и Дж. Маккарти. Встреча с Маккарти в дальнейшем переросла в дружбу и сотрудничество.

В 1965 г. Маккарти впервые посетил Ершова в Новосибирске, а тремя годами позже провел там два месяца, прочитав курс лекций студентам университета.



А. П. Ершов

Под руководством А. П. Ершова были созданы такие известные оптимизирующие системы программирования, как «Альфа», «Альфа-б», «Бета», которые во многом определяли современную методологию оптимизирующей трансляции.

Новый созданный группой Ершова язык был сформулирован как расширение ALGOL-60. Этот язык, носивший предварительные названия «Входной», «Сибирский», окончательно утвердился как «Альфа-язык».

Система «Альфа» была первой в мировой практике оптимизирующей системой программирования для языков сложнее, чем FORTRAN. Она открывала границы для создания новых, семантически более богатых языков. Проект системы был опубликован Ершовым в 1961 г., а монография с ее описанием вышла в свет в 1967 г.

В 1969 г. А. П. Ершов стал профессором Новосибирского университета (кандидатскую диссертацию по программированию защитил в 1962 г., докторскую – по методам построения трансляторов – в 1968 г.).

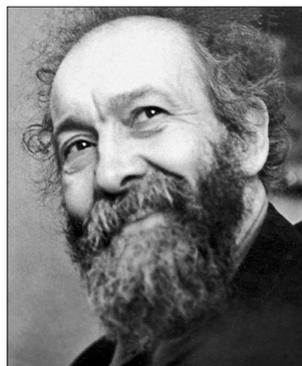
С конца 1970-х гг. А. П. Ершов большое внимание уделял проблемам обучения программированию. В дальнейшем его интерес привлекло обучение информатике и программированию в школе. Осознав принципиальную важность информатики для страны, А. П. Ершов отдал этому делу последний десяток лет и большую долю своей энергии. Он был одним из создателей так называемой школьной информатики, признанным ее лидером. В написанной вместе с Г. А. Звенигородским и Ю. А. Первиным работе «Школьная информатика (концепции, состояние, перспективы)» (1979) А. П. Ершов определил развитие этого направления вплоть до наших дней. Он был одним из авторов и редактором первого школьного курса информатики, а также методического пособия по этому курсу.

А. П. Ершов – организатор многих международных и всесоюзных конференций, член редколлегий ряда ведущих зарубежных и отечественных журналов, член Международной федерации по обработке информации. В последние годы он был главным редактором журнала «Микропроцессорные средства и системы».

8 декабря 1988 г. после тяжелой продолжительной болезни академик А. П. Ершов скончался. Его заслуги в компьютерном мире значительны: он внес определяющий вклад в становление и развитие программирования как науки. Был иностранным членом Ассоциации вычислительной техники США, почетным членом Британского общества по вычислительной технике. Удостоен награды «Серебряный сердечник» Международной федерации по обработке информации [38, 49].

Алексей Андреевич Ляпунов (1911–1973) – автор первых нотаций языков программирования, член-корреспондент АН СССР.

А. А. Ляпунов родился в Москве 7 октября. Его отец, Андрей Николаевич Ляпунов, получил математическое образование в Московском университете, а также в Гейдельберге и Геттингене. Затем работал в Путейском ведомстве, а после 1917 г. являлся сотрудником Института биофизики Народного комиссариата здравоохранения. Мать, Елена Васильевна Ляпунова, была широко образованным человеком и посвятила свою жизнь воспитанию детей, которых в семье Ляпуновых было семеро.



А. А. Ляпунов

В 1928 г. А. А. Ляпунов закончил среднюю школу и поступил в Московский университет. В 1930-х гг. был учеником и сотрудником известного физика академика П. П. Лазарева, а с 1932 г. находился под влиянием академика Н. Н. Лузина, возглавлявшего в те годы Московскую математическую школу.

Диапазон научных интересов А. А. Ляпунова был необычайно широк, и сферы их приложения разнообразны. Основные направления его исследований – математическая логика, теория множеств, кибернетика, программирование, математическая лингвистика, машинный перевод. А. А. Ляпунову принадлежит разработка управляющих (кибернетических) систем, строгое определение которых было сформулировано вместе с учеником В. Яблонским.

В июле 1950-х гг. А. А. Ляпунов разработал первые учебные курсы по программированию, а в 1952/53 учебном году он прочитал студентам МГУ первый курс под названием «Принцип программирования».

Заслуги ученого в области кибернетики и программирования настолько велики, что период с середины 1950-х до середины 1960-х гг. часто называют «ляпуновским» периодом.

В 1952 г. А. А. Ляпунов начал работать на механико-математическом факультете МГУ профессором кафедры вычислительной математики, где организовал семинар по программированию. В 1953 г. создал операторный метод в программировании, с которого начинается теоретическое программирование. В основе операторного метода лежит аппарат логических схем, включающий основные формализмы, описывающие алгоритмы. В рамках этого метода были определены:

- программа;
- процесс ее выполнения;
- функция, реализуемая программой;

- эквивалентность программ;
- эквивалентные преобразования программ;
- схема программы;
- эквивалентность схем и их преобразования.

Операторный метод лег в основу многих учебников и учебных пособий по программированию, выпущенных в 1950-е гг. Особенно велика роль операторного метода в становлении программирования как науки.

А. А. Ляпунов — основатель и главный редактор серии книг «Проблемы кибернетики». Первый сборник серии был опубликован в 1958 г. Всего под редакцией А. А. Ляпунова вышло почти 30 сборников. Серия получила мировую известность — она регулярно переводилась на английский и немецкий языки.

24 июня 1973 г. А. А. Ляпунов скоропостижно скончался в Москве. Его заслуги были отмечены многими правительственными наградами. В 1966 г. одной из самых авторитетных организаций в области высоких технологий — IEEE Computer Society — А. А. Ляпунову была посмертно вручена медаль Computer Pioneer [38, 49].

Глава 7

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СССР

- 7.1. Из истории становления аналоговых вычислительных машин.
- 7.2. Электронные вычислительные машины первого поколения в СССР: разработки С. А. Лебедева, И. С. Брука, Б. И. Рамеева.
- 7.3. Машины второго поколения в СССР: БЭСМ-6.
- 7.4. Единая система электронно-вычислительных машин: машины третьего поколения в СССР (1968—1983).

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [10, 13, 14, 15, 19, 26, 31, 38, 42, 49].

7.1. Из истории становления аналоговых вычислительных машин

Часто причиной бурного развития информатики считают появление и совершенствование электронной техники и средств связи, однако без программного обеспечения машины не имеют значения. Известно, что при наличии алгоритма составление программы, как правило, — во-

прос времени, а разработка самого алгоритма — более трудный творческий процесс.

Необходимость в разработке алгоритмов возникла еще во времена И. Ньютона. Особенно нуждались в точных расчетах в XVIII в. так называемые корабельные науки, требующие расчета устойчивости и усилий, которые необходимы в конструкции корабля при качке, определения «ходкости» и устойчивости корабля под парусами и др.

Как уже отмечалось, арифмометр — предшественник клавишных вычислительных машин. Замена механических счетных устройств электронными привела к возникновению электронных калькуляторов, которые позднее были вытеснены персональными компьютерами.

Книга выдающегося русского математика, механика и инженера-кораблестроителя начала XX в. академика А. Н. Крылова «Лекции о приближенных вычислениях» была первым в мировой литературе курсом такого направления. Он построил прибор для решения обыкновенных дифференциальных уравнений (1911). Современники указывали, что на базе морского компаса, хронометра и прибора для измерения скорости корабля Крылов создал прибор, автоматически вычерчивающий на карте путь, проходимый кораблем, — гироскопический успокоитель качки (раньше Э. Сперри), а также теорию гироскопа. Тот факт, что различные физические явления описываются одинаковыми математическими уравнениями, отмечали многие ученые (Л. Больцман, Т. Г. Гексли и др.). А. Н. Крылов сформулировал это явление достаточно точно, но не дал заключения о возможности создания на его основе вычислительной машины. Такой вывод в 1918 г. сделал другой русский академик — Н. Н. Павловский.

Н. Н. Павловский создал метод аналогового моделирования — электрогидродинамический аналог (ЭГДА). За вычислительными системами, использующими этот метод, закрепилось наименование аналоговых. Приборы ЭГДА получили широкое применение при расчете гидросооружений, решении задач фильтрации нефти, в гидродинамике.

Таким образом, в период с 20-х до 50-х гг. XX в. советская научная школа вышла на передовые позиции в решении задач методом моделирования, заложив принципиальные основы кибернетики.

В 1948 г. в СССР были созданы первые *электронные аналоговые вычислительные машины* (АВМ), построенные на операционных усилителях постоянного тока. Благодаря этому АВМ обеспечили решение важнейших задач в целом ряде направлений науки и техники (в авиации, ракетостроении, космических исследованиях, оборонной промышленности и др.). В этот период цифровые вычислительные машины (ЦВМ) еще не имели необходимого быстродействия для решения подобных задач.

На первом этапе (1950-е гг.) АВМ использовались в основном в виде самостоятельных средств математического моделирования динамических объектов в реальном времени. Часто они входили в состав тренажеров (авиационных, космических, атомных установок, транспортных средств и т. п.). В 1958 г. в СССР была создана первая в мире *полупроводниковая АВМ МН-10*. Эта машина с большим успехом демонстрировалась на выставке в Нью-Йорке в июне 1959 г. Со временем (1960–1970-е гг.) в связи с прогрессом в области цифровой электроники АВМ все чаще стали подключаться к ЦВМ для совместной обработки информации. Появился новый вид вычислительной техники — *аналого-цифровые вычислительные комплексы (АЦВК)*.

В 1980-х и начале 1990-х гг. были созданы эффективные современные периферийные устройства для ввода в ЭВМ и вывода из нее аналоговой информации в реальном времени, в их числе: двухкоординатные графопостроители; устройства автоматического распознавания графических изображений; векторные и растровые графические дисплеи; струйные и лазерные печатающие устройства; устройства автоматического распознавания речи и др.

7.2. Электронные вычислительные машины первого поколения в СССР: разработки С. А. Лебедева, И. С. Брука, Б. И. Рамеева

История становления советской вычислительной техники связана с именем выдающегося русского ученого **Сергея Алексеевича Лебедева** (1902–1974), многие годы возглавлявшего Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) АН СССР, который сейчас носит его имя.



С. А. Лебедев

С. А. Лебедев родился 2 ноября в Нижнем Новгороде в семье учителя. По окончании в 1928 г. Московского высшего технического училища работал в области устойчивости электрических систем. В 1934 г. Лебедеву было присвоено звание профессора, а в 1939 г. он защитил докторскую диссертацию. В 1945 г. Сергея Алексеевича пригласили в Киев, предложив должность директора Института энергетики АН УССР (позднее — Институт электротехники АН УССР) и звание академика. После некоторых колебаний вопрос о переезде был решен с помощью жребия.

Первая ЭВМ, созданная под руководством С. А. Лебедева, — *малая электронная счетная машина* (МЭСМ) — начала работать в 1951 г. в Киеве. В 1952 г. в ИТМиВТ была пущена первая очередь *большой электронной счетной машины* (БЭСМ). Вначале БЭСМ работала на акустических (ртутных) линиях задержки, затем на ней были установлены более надежные и быстродействующие оперативные запоминающие устройства на электронно-лучевых трубках и ферритовых кольцах. Скорость действия БЭСМ достигла 2 тыс. оп./с. Развитие серии БЭСМ завершилось созданием в 1966 г. машины БЭСМ-6 с быстродействием до 1 млн оп./с. По техническим характеристикам и логике эта машина не уступала лучшим зарубежным ЭВМ того времени. К сожалению, в последующие годы стала превалировать политика копирования зарубежных образцов вычислительной техники, что способствовало остановке в развитии этой области и отставанию от США и других развитых капиталистических стран.

Тем не менее в СССР имелись значительные достижения в использовании вычислительной техники. Так, полет первых искусственных спутников Земли (и, естественно, всех последующих) сопровождался оперативными расчетами траекторий, анализом и обработкой телеметрических измерений, прогнозом и другими работами, проводившимися с помощью ЭВМ различных типов. Отечественные ЭВМ решали разного рода нетрадиционные задачи, нередко пионерские с точки зрения использования ЭВМ. Например, в 1954 г. на БЭСМ решались шахматные задачи; в дальнейшем программа решения шахматных задач была реализована на ЭВМ «Урал» и продемонстрирована на выставке достижений народного хозяйства СССР. В середине 1950-х гг. в Институте прикладной математики АН СССР были созданы программы игры с ЭВМ в шашки и домино. БЭСМ-6 генерировала по нотам музыку; в 1960-е гг. машина сочиняла музыку (с использованием датчика случайных чисел) и исполняла фуги, звучавшие порой весьма интересно и мелодично. С ростом разнообразия типов ЭВМ и все большим их распространением, естественно, расширялся и круг решаемых задач.

Не вызывает сомнения тот факт, что СССР в 1950–60-е гг. имел очень сильную научную школу, точнее, несколько школ разработки вычислительной техники. Первые модели электронных счетных машин появились примерно в одно и то же время в США и Европе (Англия), чуть позже — в СССР.

Когда советские ученые начинали свои разработки, они знали, что на Западе ЭВМ уже существуют. Однако сведения были весьма скудными, и на данном этапе говорить о каком-либо копировании западных

образцов нельзя. Идеи и разработки были совершенно оригинальными. Начиналось все, как уже говорилось, параллельно и независимо, в характерной для холодной войны обстановке глубочайшей секретности. В конце 1940-х — начале 1950-х гг. появились первые идеи, первые проекты и, наконец, первые ЦВМ — совершенно оригинальные, не скопированные с западных образцов. Сформировались основные научные школы, создававшие машины первого и второго поколений. Это прежде всего школа основоположника ЦВМ в СССР С. А. Лебедева; школа И. С. Брука, под руководством которого создавались малые и управляющие ЭВМ; Пензенская научная школа, возглавляемая Б. И. Рамеевым и до конца 1960-х гг. успешно занимавшаяся универсальной вычислительной техникой общего назначения.

Лебедев начал работу над своей машиной в конце 1948 г. Независимо от Дж. фон Неймана он выдвинул, обосновал и реализовал в первой советской машине принципы построения ЭВМ с хранимой в памяти программой. МЭСМ занимала целое крыло двухэтажного здания и состояла из 6000 электронных ламп. Ее проектирование, монтаж и отладка были выполнены в рекордно быстрые сроки — за 2 года — силами всего лишь 12 научных сотрудников и 15 техников. Создатели первых вычислительных машин были одержимы своей работой, и это вполне объяснимо. Несмотря на то, что МЭСМ, по существу, была лишь макетом действующей машины, она сразу нашла своих пользователей: к первой ЭВМ выстраивалась очередь киевских и московских математиков, задачи которых требовали использования быстродействующего вычислителя. МЭСМ стала первой действующей ЭВМ в СССР и одной из первых в Европе (только Великобритания ненамного опередила СССР).

В конце 1948 г. С. А. Лебедев с сотрудниками приступил к работе над основными принципами построения ЭВМ. В 1949 г. создан действующий макет ЭВМ для исследования основных принципов построения ЭВМ, проверки методики решения отдельных задач и накопления необходимого эксплуатационного опыта. Найденные научные и инженерные решения оказались очень удачными, и в 1950 г. было решено доработать действующую ЭВМ и одновременно начать разработку большой (быстродействующей) ЭВМ. Так было положено начало серии знаменитых БЭСМ (от БЭСМ-1 до БЭСМ-6). Каждая машина этой серии на момент своего создания была лучшей в классе универсальных ЭВМ.

За работы по созданию БЭСМ-1 С. А. Лебедев получил звание Героя Социалистического Труда. В 1956 г. он сделал доклад на Международной конференции по электронным счетным машинам в Дармштадте (ФРГ),

который произвел сенсацию. БЭСМ оказалась лучшей ЭВМ в Европе. Ее быстродействие составило 8 тыс. оп./с.

Одна из последующих разработок С. А. Лебедева ЭВМ М-2, серийный выпуск которой начался в 1959 г., имела быстродействие 20 тыс. оп./с, объем оперативной памяти в 2 раза превышал оперативную память БЭСМ. Она предусматривала также некоторое совмещение выполняемых команд. В то время это была одна из самых мощных машин в мире, и на ней решалось большинство важнейших теоретических и прикладных задач науки и техники.

Последняя созданная под руководством С. А. Лебедева вычислительная машина, БЭСМ-6 (рис. 12), долгие годы оставалась лучшей, наиболее надежной и дешевой машиной из класса универсальных ЭВМ в СССР. В 1967 г. она была запущена в серию. Ее надежность и простота в эксплуатации вместе с развитым программным обеспечением гарантировали ей завидное долголетие. Она выпускалась на протяжении 17 лет.

Пионером отечественной электронной вычислительной техники по праву можно назвать выдающегося российского ученого **Исаака Семеновича Брука** (1902–1974).



Рис. 12. Машина БЭСМ-6



И. С. Брук

И. С. Брук родился 8 ноября в бедной семье служащего табачной фабрики. Окончив в 1925 г. электротехнический факультет МВТУ, он поступил на работу во Всесоюзный электротехнический институт, где специализировался в области разработки новой серии асинхронных двигателей. В 1936 г. защитил докторскую диссертацию.

В предвоенные годы И. С. Брук увлекся созданием механических интеграторов. В 1939 г. на одном из заседаний Президиума АН СССР он сделал доклад о механическом интеграторе, позволяющем решать дифференциальные уравнения до шестого порядка. В том же году был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В 1948 г. И. С. Брук начал работать над изобретением ЭВМ и представил проект создания такой машины, названной М-1. Из-за организационных трудностей работы затянулись.

Тогда Брук еще не знал, что под руководством С. А. Лебедева ведется проектирование МЭСМ. В январе 1952 г. (менее чем через месяц после сдачи МЭСМ) началась практическая эксплуатация М-1. За М-1 последовали М-2 и М-3. ЭВМ М-3 занимает особое место в развитии вычислительной техники. С некоторыми модификациями ее повторили в Ереване, Минске, а также за рубежом — в Китае и Венгрии, где она послужила основой для развития математического машиностроения. М-1 работала со скоростью 15–20 оп./с, выполняла серьезные расчеты для ведомства академика И. В. Курчатова и для конструкторского бюро (КБ) под руководством С. П. Королева.

В 1956 г. на сессии АН СССР И. С. Брук выступил со знаменитым докладом, где изложил главные направления промышленного применения ЭВМ. Представленная им проблемная записка «Разработка теории, принципов построения и применения специализированных и управляющих машин» послужила толчком для развертывания в СССР работ по созданию вычислительной техники в этом важном прикладном направлении.

Следует отметить тот факт, что молодые сотрудники И. С. Брука, участвовавшие в разработке первых машин серии М, в дальнейшем стали выдающимися учеными, конструкторами, основателями собственных научных школ. Среди них Б. И. Рамеев (ЭВМ серии «Урал»), Н. Я. Матюхин, Г. П. Лопато («Минск-1» и другие машины), М. А. Карцев (ЭВМ М-10 и М-13) и т. д.

Брук, как и Лебедев, в начале 1950-х гг. вынашивал идею создания ЭВМ. В работе над М-1 он получил неоценимую поддержку в лице Н. Я. Матю-

хина, сына «врага народа», который по причине столь значительных пятен в биографии не мог рассчитывать на престижное распределение в закрытые организации. Матюхин, а затем еще несколько новых сотрудников лаборатории, приступая к работе над ЭВМ, не имели даже представления о возможности существования подобной техники, но блестяще справились со своей задачей. Матюхин был фактически ее главным конструктором, а Брук осуществлял научное руководство.

По воспоминаниям знавших Брука людей, он был человеком выдающимся и весьма своеобразным. По стилю своей деятельности это был скорее ученый-одиночка, генератор идей, которые подхватывали и реализовывали его ученики и соратники. Он же переключал свою творческую энергию на новые проекты. Вычислительные машины, безусловно, были главным делом жизни Брука, но воплощением проектов в жизнь занимались прежде всего его ученики.

Сразу после завершения работ над своей первой машиной Брук задумал М-2, главным конструктором которой стал **Михаил Александрович Карцев** (1923–1983), вошедший в команду Брука еще студентом.

М. А. Карцев при жизни не получил признания в академических кругах, не был отмечен высокими правительственными наградами. Тем не менее он, несомненно, принадлежит к числу великих конструкторов, чье имя вписано в историю мировой компьютерной науки и техники.

М. А. Карцев родился в Киеве 10 мая. По окончании в 1941 г. школы попал на фронт солдатом. После демобилизации в 1947 г. поступил в Московский энергетический институт на радиотехнический факультет. Еще до того, как стать студентом, он был принят на работу в лабораторию электросистем Энергетического института АН СССР, где под руководством И. С. Брука участвовал в создании одной из первых отечественных вычислительных машин – М-1. Действующих вычислительных машин в то время практически не было. МЭСМ и М-1 оставались в большей степени экспериментальными разработками, призванными помочь в поисках правильных конструкторских решений. Опыт разработки ЭВМ был минимален. Тем не менее летом 1953 г. М-2 была сдана в эксплуатацию. Она действовала со скоростью 2 тыс. оп./с и включала более полутора тысяч радиоламп. Машина эксплуатировалась долго, 15 лет, и в первые годы своего существования делила вычислительную нагрузку только с двумя реально действующими ЭВМ в СССР – БЭСМ и «Стрелой». Задачи для М-2 предлагали весьма серьезные организации, в том числе Энергетический институт, Институт экспериментальной и теоретической физики, Институт про-



М. А. Карцев

гнозов погоды, Московский авиационный институт, Курчатовский институт, Институт экономики, Институт механики АН СССР и др. Использование М-2 сопровождалось созданием математического обеспечения, в том числе обслуживающих программ — предшественниц операционных систем. Работа на этой машине стимулировала творческую энергию ведущих математиков-программистов, которыми был организован постоянный семинар при М-2. В результате их интеллектуальных усилий в стране закладывались основы создания систем программирования и алгоритмических языков.

Начиная с 1957 г. М. А. Карцев полностью переключился на создание средств вычислительной техники, ориентированных на использование в системах раннего обнаружения запуска ракет и наблюдения за космическим пространством. Вычислительные комплексы должны были работать в режиме реального времени и обладать высокой надежностью. Одна за другой появились машины М-4, М-4М, 5Э71, 5Э72, 5Э73, 5Э79. В 1966 г. М. А. Карцев выдвинул идею создания многомашинного комплекса, призванного обеспечить быструю обработку результатов радиолокационного зондирования. Для реализации этой идеи в 1967 г. был создан Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК). Директором института был назначен М. А. Карцев.

В сентябре 1973 г. успешно прошел испытания первый промышленный образец *многопроцессорной системы синхронного типа М-10*. Впервые в мире в ней была предусмотрена возможность синхронного комплектования до семи ЭВМ при прямом (минуя мультиплексный канал) обмене информацией между ЭВМ, а также динамическое разделение оборудования. В ЭВМ появился второй уровень внутренней памяти объемом более 4 Мб с произвольным доступом, обеспечивался внешний обмен с двумя уровнями внутренней памяти. Производительность М-10 значительно превосходила производительность таких «гражданских» ЭВМ, как БЭСМ-6 и ЕС 1060.

В 1979 г. под руководством М. А. Карцева началась разработка *многопроцессорной вычислительной машины четвертого поколения — М-13*. В ней впервые была реализована аппаратура, обеспечивающая автоматическую перестройку системы при изменении числа процессоров в системе, расширение памяти, введен программно-управляемый периферийный процессор для операций преобразования Фурье, Уолша, Адамара, Френеля, вычисления корреляционных функций, пространственной фильтрации и т. д.

Среднее быстродействие центральной части — 50 млн оп./с, внутренняя память — до 34 Мб, скорость внешнего обмена — до 100 Мб/с, эквивалентное быстродействие периферийного процессора — более 2 млрд оп./с.

Как и предыдущая модель, М-13 работала «на космос», была засекречена и недоступна для научных вычислений.

В 1983 г. М. А. Карцева не стало. Как отмечалось в сборнике, выпущенном к 70-летию ученого, он относился к той немногочисленной категории людей, которые составляют цвет нации и без которых нация не может существовать.

Одновременно с ИТМиВТ (причем конкурируя с ним) разработкой ЭВМ занималось организованное в начале 1950-х гг. Специальное конструкторское бюро (СКБ-245), создавшее ЭВМ «Стрела». «Стрела» связана с именем **Башира Искандаровича Рамеева** (1918–1994), который вместе с Лебедевым и Бруком может быть назван основателем советской школы разработки вычислительных машин. До конца 60-х гг. XX в. Рамеев был главным идеологом универсальных ЭВМ и первым в СССР выдвинул и попытался реализовать идею семейства ЭВМ с единой архитектурой – идею, которая затем будет воплощена в знаменитых единых системах (ЕС) вычислительных машин и семействах управляющих ЭВМ (СМ), созданных разработчиками из разных стран в 1970–1980 гг.

Именно «Стрела» была выбрана для промышленного выпуска. Все машины – МЭСМ, БЭСМ, М-1 и М-2 – создавались в единственном экземпляре, в лабораторных условиях, силами разработчиков. «Стрела» – первая в СССР серийная ЭВМ: завод счетно-аналитических машин (САМ) выпустил семь экземпляров. БЭСМ и «Стрела» составили парк созданного в 1955 г. Вычислительного центра АН СССР, на который сразу легла очень большая нагрузка. Потребность в сверхбыстрых (по тем временам) расчетах испытывали математики, ученые-термоядерщики, первые разработчики ракетной техники и многие другие.

В 1958 г. БЭСМ-2, в которой память на потенциалоскопах заменена на запоминающее устройство (ЗУ) на ферритовых сердечниках и расширен набор команд, была подготовлена к серийному производству на одном из заводов в Казани. Так начиналась история промышленного выпуска ЭВМ в СССР. После «Стрелы» Рамеев начал активно работать над новой ЭВМ, «Урал-1», уже в качестве генерального конструктора. Первая машина серии должна была производиться в Пензе, и Рамеев с группой молодых сотрудников СКБ-245 переехал туда. Ламповая машина «Урал-1» была выпущена в 1954 г. Эта ЭВМ с быстродействием 100 оп./с и памятью на магнитных барабанах относилась к разряду малых недорогих машин преимущественно для инженерного применения и в течение многих лет использовалась вычислительными центрами страны. Сегодня увидеть, как выглядела одна из первых советских ЭВМ, можно в Политехническом музее.

Интересный факт из жизни Рамеева. В начале 1950-х гг. в двух ведущих технических вузах Москвы – Московском инженерно-физическом институте (МИФИ) и Московском энергетическом институте (МЭИ) – были введены курсы по вычис-

лительной технике. В МЭИ лекции читал Лебедев, а в МИФИ – Рамеев, не имевший высшего образования, поскольку в 1930-е гг. его исключили из института как сына «врага народа». Понимая неопределенность такого положения, Рамеев обратился в Министерство культуры с просьбой, чтобы ему разрешили завершить образование, сдав необходимые экзамены экстерном. Однако чиновники не только отклонили его просьбу, но и запретили заниматься преподавательской деятельностью. Так ученый с опытом разработки и ввода в эксплуатацию одной из первых ЭВМ в стране остался формально без высшего образования. Однако это не мешало ему стать главным инженером и заместителем директора по научной работе Пензенского НИИ математических машин и получить впоследствии степень доктора технических наук без защиты диссертации [38].

Таким образом, МЭСМ, «Стрела» и первые машины серии БЭСМ – это *вычислительная техника первого поколения*. Элементная база первых вычислительных машин – электронные лампы – определяла их большие габариты, значительное энергопотребление, низкую надежность и, как следствие, небольшие объемы производства и узкий круг пользователей, главным образом из мира науки.

7.3. Машины второго поколения в СССР: БЭСМ-6

Изобретение американскими учеными полупроводникового транзистора позволило разработать машины значительно меньших габаритов и энергопотребления, гораздо более высокой производительности и надежности при меньшей стоимости. Для машин второго поколения тем более актуальной становилась задача автоматизации программирования, поскольку увеличивался разрыв между временем на разработку программ и непосредственно временем счета.

Второй этап развития вычислительной техники конца 1950-х – начала 1960-х гг. характеризуется созданием развитых языков программирования (ALGOL, FORTRAN, COBOL) и освоением процесса автоматизации управления потоком задач с помощью ЭВМ, т. е. разработкой операционных систем. Первые операционные системы (ОС) автоматизировали работу пользователя по выполнению задания, а затем были созданы средства ввода нескольких заданий сразу (пакета заданий) и распределения между ними вычислительных ресурсов. Появился мультипрограммный режим обработки данных.

Если говорить о структурных изменениях машин второго поколения, то это прежде всего возможность совмещать операции ввода-вывода с вычислениями в центральном процессоре, увеличение объема оперативной и внешней памяти, применение алфавитно-цифровых устройств для ввода

и вывода данных. «Открытый» режим использования машин первого поколения сменился «закрытым», при котором программист уже не допускался в машинный зал, а сдавал свою программу на алгоритмическом языке оператору ЭВМ, который и занимался ее дальнейшим пропуском на машине.

К концу 1950-х гг. советская электронная промышленность освоила и начала серийный выпуск транзисторов. Таким образом, появилась возможность создания ЭВМ на полупроводниковой элементной базе. Ярчайший представитель советских ЭВМ второго поколения – БЭСМ-6, вершина научного творчества С. А. Лебедева и его коллег.

При разработке этой машины была задана высокая планка – приблизиться к производительности в миллион одноадресных операций в секунду. И это высочайшее на тот момент быстродействие было достигнуто.

С. А. Лебедев, генеральный конструктор БЭСМ-6, был действительно гениальным инженером: он сумел разработать во многих отношениях оригинальную архитектуру и в то же время отсеять все лишнее, все дополнительные компоненты, способные снизить надежность основной аппаратуры.

Вряд ли в мире удастся найти другую модель, которую выпускали почти 20 лет (с 1968 по 1987 г.). За все время существования БЭСМ-6 московским заводом счетно-аналитических машин было выпущено 350 таких машин. На основе БЭСМ-6 создавались центры коллективного пользования, координационно-вычислительные системы телеобработки и т. д. Например, БЭСМ-6 успешно эксплуатировалась в Центре управления полетами, в частности при обработке информации по программе «Союз – Аполлон». География применения БЭСМ-6 тоже впечатляет: эта машина работала не только в обеих столицах, но и на Дальнем Востоке, в Новосибирске, Иркутске и многих других городах СССР.

Будучи универсальной, а не управляющей машиной, БЭСМ-6 тем не менее могла использоваться в системах управления реального времени за счет высокой скорости обработки данных, а также очень хорошего программного обеспечения.

Структурные особенности БЭСМ-6, такие как постраничная организация памяти, защита, механизмы прерываний и поддержка режимов многозадачности, позволяли развернуть на ней полноценную ОС. Такая ОС была разработана в МГУ под руководством члена-корреспондента АН СССР Л. Н. Королева.

В 1960 г. Рамеев приступил к созданию семейства полупроводниковых «Уралов». Его машины представляли собой универсальные системы для решения различных инженерно-технических, планово-экономических и управленческих задач.

7.4. Единая система электронно-вычислительных машин: машины третьего поколения в СССР (1968–1983)

В 1960-е гг. с началом промышленного выпуска интегральных схем в мировой вычислительной технике произошел переход к созданию машин на новой элементной базе, что формально определяется как переход к третьему поколению ЭВМ. Однако более важной характеристикой машин на данном этапе является то, что они представляли собой семейства программно-совместимых систем с различной производительностью, но общей архитектурой.

В СССР в 1970-е гг. получают дальнейшее развитие автоматизированные системы управления (АСУ). Закладываются основы государственной и межгосударственной системы обработки данных, охватывающей страны – члены Совета экономической взаимопомощи (СЭВ). Разрабатываются *универсальные ЭВМ третьего поколения ЕС*, совместимые как между собой (машины средней и высокой производительности ЕС ЭВМ), так и с зарубежными ЭВМ третьего поколения (IBM-360 и др., США).

В разработке машин ЕС ЭВМ принимали участие специалисты СССР, Народной Республики Болгария, Венгерской Народной Республики, Польской Народной Республики, Чехословацкой Советской Социалистической Республики и Германской Демократической Республики. В СССР создаются многопроцессорные и квазианалоговые ЭВМ, выпускаются мини-ЭВМ «Мир-31», «Мир-32», «Наири-34». Для управления технологическими процессами создаются ЭВМ серии АСВТ М-6000 и М-7000 (разработчики В. П. Рязанов и др.). Выпускаются настольные мини-ЭВМ на интегральных микросхемах М-180, «Электроника-79», «Электроника-100», «Электроника-125», «Электроника-200», «Электроника ДЗ-28», «Электроника НЦ-60» и др.

К машинам третьего поколения относились «Днепр-2», ЕС ЭВМ (ЕС-1010, ЕС-1020, ЕС-1030, ЕС-1040, ЕС-1050, ЕС-1060 и несколько их промежуточных модификаций – ЕС-1021 и др.), «Мир-2», «Наири-2» и ряд других.

Характерные черты данного периода:

- резкое снижение цен на аппаратное обеспечение (главным образом за счет использования интегральных схем);
- появление на рынке удобных для пользователя рабочих станций, которые, благодаря объединению в сеть, значительно сократили время доступа, обычно присущее большим машинам;
- разработка полупроводниковой памяти, жидкокристаллических экранов и электронной памяти;

- за счет возросшей производительности вычислительных машин и появившихся многомашинных систем решение таких новых задач, которые ранее были достаточно сложны и часто неразрешимы;
- бурное развитие вычислительных машин реального времени.

Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ) был создан как головной институт для разработки ЕС ЭВМ и сначала не имел ничего, кроме штата разработчиков и математиков. Было принято решение объединить институт с НИИ электронных машин (НИИЭМ), образованным на базе СКБ-245. Благодаря этому слиянию основной институт по созданию ЕС получил в распоряжение штат конструкторов, производственные мощности, помещения, архив. Директор НИИЭМ С. А. Крутовский стал директором НИЦЭВТ и первым генеральным конструктором ЕС ЭВМ. Кроме того, в НИЦЭВТ вошла группа специалистов из закрытого КБ промышленной автоматики, находившегося в ведомстве спецслужб. Созданная в нем ЭВМ «Весна» для решения задач шифрования с быстродействием 200 тыс. оп./с, по сути, была одной из первых машин со структурой ЭВМ общего назначения. В ней, например, был реализован коммутатор внешних устройств — прообраз канала ввода-вывода, выполнявший всю работу по обслуживанию внешнего устройства автономно от центрального процессора.

Для производства машин серии ЕС и комплектующих строилось и расширялось более десяти заводов, географически разбросанных по всей стране. ЭВМ производили на заводе САМ в Москве, Минске, Пензе, Казани и Ереване. За 20 лет было выпущено три поколения ЕС ЭВМ, близкие по архитектуре к семействам IBM-360 и 370. Машины одного семейства различались по производительности. Быстродействие ЕС ЭВМ первой очереди, например, варьировалось от 20 тыс. оп./с в самой младшей модели ЕС-1020 до 500 тыс. оп./с в наиболее мощной ЕС-1050.

При переходе к очередному поколению ЕС не только увеличивалось быстродействие и объем оперативной памяти машины, но и делались принципиальные архитектурные усовершенствования. Производительность моделей второго ряда возросла в 2,5–3 раза, а в последнем поколении ЕС быстродействие увеличили еще в 2 раза. Скорость расчетов на разработанной в 1984 г. машине ЕС-1066 достигла 5,5 млн оп./с. Каждый последующий ряд вносил принципиальные улучшения в архитектуру машин. Так, последние модели могли объединиться в многомашинные и многопроцессорные комплексы. От поколения к поколению развивались средства дистанционного доступа, совершенствовались аппаратные механизмы виртуальной памяти, благодаря которым машины использовались в режиме разделения времени. С каждым новым рядом появлялась более современная периферия, например внешняя память прямого доступа на магнитных дисках — во втором ряду.

Программное обеспечение ЕС ЭВМ включало несколько операционных систем (ОС-10 для самой младшей модели, дисковые операционные системы (ДОС) и ОС ЕС) и значительное число пакетов прикладных программ. Стандартными языками для ЕС являлись FORTRAN, PL-1, COBOL для программирования планово-экономических задач и язык ассемблера. Была создана индустрия по разработке и сопровождению стандартизированных программных средств обработки информации, существовал фонд программного обеспечения ЕС ЭВМ. В 1974 г. была развернута сеть сервисных центров ЕС ЭВМ, охватившая всю страну. ЕС ЭВМ устанавливались в вычислительных центрах предприятий, научных институтов, железных дорог, министерств, Центробанка.

До 1984 г. программа ЕС полностью поддерживалась государством.

Основным сдерживающим моментом в дальнейшем совершенствовании ЕС ЭВМ была, безусловно, элементная база. До 1990 г., когда с началом экономической реформы производство машин фактически прекратилось, ЕС так и не перешли на сверхбольшие интегральные схемы. Технологии Министерства электронной промышленности не позволяли создавать элементы на микросхемах меньше 2 микрон, поэтому последние разработки серии оснащались микросхемами памяти емкостью лишь 64 Кбит. Во второй половине 1980-х гг. в Минске начался выпуск ЕС ЭВМ персонального уровня – ЕС 1840-45 и ЕС 1840-55 на Intel-подобных процессорах. Однако технология производства микропроцессоров не позволила пойти дальше уровня Intel-286, а на закупку более мощных оригинальных процессоров невозможно было получить разрешение и необходимые денежные средства.

К 1990 г. в эксплуатации находилось порядка 15 тыс. ЕС ЭВМ. Производство машин прекратилось, когда уже нельзя было заменять выходящие из строя компоненты, например диски. Полностью развалилась сервисная система, заводы начали переориентироваться на другие задачи. Образованная на базе системных подразделений НИЦЭВТ фирма «ЕС-лизинг» наладила сотрудничество с IBM и в рамках совместного проекта занималась производством «новых ЕС» – отечественных мэйнфреймов серии ЕС 1200 на базе архитектуры IBM S/390. Кроме того, корпорация IBM предоставляет этой компании лицензии на программное обеспечение, благодаря чему «ЕС-лизинг» получила возможность разработать собственный программный продукт, позволяющий прикладным программам старых машин ЕС функционировать на новых системах под управлением операционной системы OS/390. Это имеет большое значение для ряда организаций, например крупных предприятий, железных дорог, Центробанка, которые используют подобную технику в непрерывном цикле и не в состоянии пойти на полную замену вычислительных машин и программ.

«ЕС-лизинг» решает очень важную задачу. Продолжают работать порядка 5 тыс. ЕС ЭВМ. Они обслуживают серьезные процессы управления и производства, и на них по-прежнему функционирует множество важ-

нейших прикладных программ, созданных в годы развития серии ЕС ЭВМ и не потерявших своей ценности сегодня. Разработки «ЕС-лизинг» призваны открыть путь оптимального перехода к новой технике и одновременно переноса старых, но не устаревших приложений на современную аппаратную платформу.

Глава 8

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В БЕЛАРУСИ

- 8.1. Разработка и выпуск электронно-вычислительных машин в Беларуси.
- 8.2. Электронно-вычислительные машины единой системы.
- 8.3. Вычислительные комплексы и системы. Персональные электронно-вычислительные машины.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [3, 4, 13–15, 20, 21, 24, 28, 32, 42, 43, 47].

8.1. Разработка и выпуск электронно-вычислительных машин в Беларуси

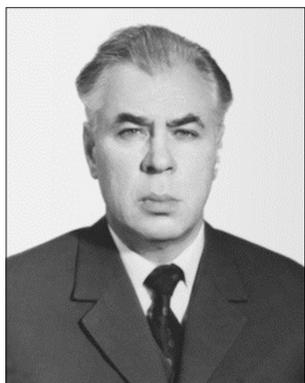
Уровень разработки, массового производства и использования ЭВМ в значительной степени определяет научно-экономический и оборотный потенциал каждой страны. Первыми ЭВМ в СССР стали разрабатывать научные учреждения. Так было и в Беларуси: работы над машиной «Луч» велись в Институте физики и математики АН БССР во второй половине 1950-х гг.

После принятия Постановления Совета Министров СССР о строительстве Минского завода математических машин (с 1967 г. — завод ЭВМ) в августе 1956 г. усилилась подготовка необходимых кадров: был приглашен ряд опытных специалистов из других городов СССР; выпускники минских вузов проходили переобучение; БГУ, Белорусский политехнический институт (БПИ, сейчас — БНТУ; где с 1960 г. существовал радиотехнический факультет) и созданный в 1964 г. Минский радиотехнический институт (МРТИ, сейчас — БГУИР) готовили специалистов в области радиоэлектроники, вычислительной техники, прикладной математики, программирования. Минский завод ЭВМ приступил к серийному выпуску ЭВМ М-3, имевшей быстродействие 30 оп./с (разработана в Москве в 1956 г. под руководством члена-корреспондента АН СССР И. С. Брука, в ее наладке участвовал Г. П. Лопато), и в 1959 г. изготовил три такие машины. В 1960 г. выпускалась модернизированная машина М-3М с быстродействием 1500 оп./с (всего было

выпущено 58 машин М-3 и М-3М). Завод изготовил также опытный, и единственный, образец мультипрограммной ЭВМ М-5 для Института электронных управляющих машин (ИНЭУМ). Коллектив СКБ завода им. С. Орджоникидзе разработал новую, более совершенную, недорогую и простую машину, которую назвали «Минск-1». Главным конструктором первой минской машины был **Георгий Павлович Лопато** (1924—2003).

Родился 23 августа в деревне Озерщина Гомельской области. Отец, Павел Алексеевич, окончивший Ленинградский политехнический институт, работал главным инженером одного из московских заводов, а в дальнейшем — преподавателем в Московском институте механизации и электрификации сельского хозяйства. В 1931 г. Георгий Лопато поступил в школу, окончил ее летом 1941 г., а в октябре был призван в армию и зачислен в батальон ПВО. После демобилизации, в 1946 г., Георгий Павлович поступил на электрофизический факультет МЭИ, который окончил в 1952 г. Далее работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте электромеханики (ВНИИЭМ) в Москве. Г. П. Лопато участвовал от ВНИИЭМ в совместном с Лабораторией управляющих машин и систем завершении работ и выпуске трех машин М-3, причем в 1954 г. он несколько месяцев осваивал машину в лаборатории Брука под руководством Н. Я. Матюхина и В. В. Бельнского.

Г. П. Лопато был главным конструктором вычислительной системы коллективного пользования «Нарочь», в состав которой входило 12 машин ЕС ЭВМ. Эта система использовалась в НИИ ЭВМ в качестве инструментального комплекса для проектирования аппаратного и программного обеспечения. Кроме вычислительных машин и систем гражданского назначения Г. П. Лопато руководил разработками систем и комплексов специального назначения, в частности ряда передвижных (возимых) комплексов, а также информационно-логической системы управления 70К1.



Г. П. Лопато

В 1969 г. защитил кандидатскую, а в 1975 г. — докторскую диссертацию. Ему было присвоено ученое звание профессора. В МРТИ Г. П. Лопато организовал кафедру вычислительных машин и систем, которой заведовал десять лет. В составе Инженерной технологической академии Белоруссии в 1987 г. создал и возглавил Научно-инженерный центр «Нейрокомпьютер». Заслуги Г. П. Лопато в области создания вычислительных машин, комплексов и систем высоко оценены государством. Он был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР, в 1979 г. избран членом-корреспондентом АН СССР, награжден многими орденами

страны. Опубликовал более 120 научных работ и получил 45 авторских свидетельств на изобретения.

СКБ Минского завода ЭВМ (с 1972 г. — НИИ ЭВМ, разработки которого принимались к производству многими заводами СССР) начало проектирование первой ЭВМ минской серии. Таким образом, Минск наряду с Москвой, Киевом, Пензой, Ереваном, Казанью стал одним из центров по проектированию и производству ЭВМ.

В БССР сложилась известная научно-практическая школа по исследованию и разработке принципов, методов и средств оптимального проектирования ЭВМ широкого применения (члены-корреспонденты АН СССР Г. П. Лопато, В. В. Пржиялковский, В. Я. Пыхтин, Г. Д. Смирнов, Г. К. Столяров, Ю. В. Карпилович, десятки других ученых, конструкторов, технологов), где большое внимание уделялось вопросам удешевления, живучести и преемственности изделий вычислительной техники (ВТ). С целью массового выпуска ЭВМ в 1974 г. образовано Минское производственное объединение ВТ (МПО ВТ), состоящее из головного завода ЭВМ и заводов вычислительной техники, многослойных печатных плат, персональных ЭВМ.

ЭВМ типа «Минск» первого поколения. Первой ЭВМ разработки СКБ завода ЭВМ стала машина «Минск-1» (главный конструктор Г. П. Лопато) с быстродействием 3 тыс. оп./с и емкостью оперативной памяти $V = 1024$ машинных слов. Проектирование заняло 18 месяцев и шло параллельно с подготовкой производства. Разработку окончили в 1960 г., и тогда же были изготовлены первые серийные машины. Вместе с пятью модификациями: «Минск-11» для работы с каналами связи и обработки сейсмической информации, «Минск-12» с расширенной внешней памятью, «Минск-14» и «Минск-16» для обработки телеметрической информации, «Минск-100» для обработки дактилоскопической информации (имелся кодировщик отпечатков пальцев) — в 1960–1963 гг. произведено 230 машин.

ЭВМ типа «Минск» второго поколения. В 1959 г. началось проектирование, а в 1962 г. была разработана базовая модель второго поколения ЭВМ семейства «Минск» — «Минск-2». Главный конструктор — **Виктор Владимирович Пржиялковский** (1930 г. р.). «Минск-2» — первая в СССР серийная полупроводниковая ЭВМ малого класса с быстродействием до 6 тыс. оп./с и $V = 4096$ 37-разрядных слов. В 1963–1965 гг.



В. В. Пржиялковский

выпущено 118 машин. Модификации «Минск-26» (1963) и «Минск-27» (1964) разрабатывались для специального применения – обработки телеметрической информации с ракетных зондов и искусственных спутников Земли. «Минск-22» (главный конструктор В. К. Наденко) и «Минск-22М» с удвоенной оперативной памятью стали основными в программе завода ЭВМ (в 1965–1970 гг. поставлено около 1000 машин). Эти ЭВМ применялись для создания АСУ на малых и средних предприятиях (АСУ «Львов», «Кунцево» и др.), автоматизации экспериментальных исследований в ядерной физике и других областях науки и техники.

Первой отечественной машиной с символьным представлением информации, переменной длиной слова и команды стала ЭВМ «Минск-23» (1966 г., главный конструктор В. В. Пржиялковский). Она имела развитую систему прерываний и приостановок, защиту памяти, универсальную связь с внешними устройствами и другие структурные новинки, использовалась в системах «Сирена» в аэрофлоте, АСУ Новочеркасского электровозостроительного завода, автоматизированном информационно-диспетчерском пункте Министерства радиопромышленности СССР и др. В 1966–1969 гг. выпущено 28 машин.

Самой известной и распространенной в СССР в первой половине 1970-х гг. была ЭВМ «Минск-32» (главный конструктор В. В. Пржиялковский) с быстродействием 30 тыс. оп./с, $V = 64$ тыс. 37-битных слов, программной совместимостью с «Минск-22М». В ней реализованы многопрограммный режим работы, защита информации в оперативной памяти, два канала связи (мультиплексный и селекторный) с устройствами ввода-вывода, возможность совместного функционирования двух и более ЭВМ. «Минск-32» – первая в СССР и Европе ЭВМ второго поколения, механическая сборка и электрический монтаж которой выполнялись на конвейере, – была рекомендована в качестве базовой модели для автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), автоматизированных информационных систем (АИС). Она использовалась в АН БССР как основа коллективной системы автоматизации научных исследований для дистанционного ввода данных от спектрометров, плазмотронов, хроматографов, иных приборов и установок, их обработки в реальном времени и представления результатов на рабочих местах экспериментаторов, а также в системе автоматизированного проектирования (САПР) для машиностроительных объектов. В 1968–1975 гг. изготовлено 3 тыс. машин. ЭВМ типа «Минск» в 1963–1976 гг. составляли более 70 % парка универсальных машин второго поколения в СССР, в народном хозяйстве которого работало более 4 тыс. машин. Около 100 машин были экспортированы в 12 стран, в том числе в Великобританию и Голландию.

За создание семейства ЭВМ типа «Минск» второго поколения и освоение их серийного производства в 1970 г. Государственной премии СССР удостоены В. В. Пржиялковский, И. К. Ростовцев, М. Е. Екельчик, Г. П. Лопато, Ю. В. Карпилович, Ю. Г. Бостанджян, Г. Д. Смирнов, Л. И. Шуняков, Н. А. Мальцев, Г. К. Столяров, премии Ленинского комсомола – В. П. Качков, Э. В. Ковалевич, М. Е. Неменман, В. Я. Пыхтин, А. И. Титов, Н. В. Шкут.

8.2. Электронно-вычислительные машины единой системы

Поскольку выпускаемые в 1960-е гг. ЭВМ (БЭСМ, М-20, «Урал», «Раздан», «Минск» и др.) имели разные системы команд, форматы представления данных, способы подключения внешних устройств, конструктивы, элементную базу, то требование стандартизации и совместимости стало одним из главных. В качестве единой для СССР и стран – членов Совета экономической взаимопомощи была избрана архитектура системы IBM-360. Началась разработка машин третьего поколения на интегральных схемах ЕС ЭВМ с широким применением методов автоматизированного проектирования. В 1971 г. в Минске с участием специалистов из Болгарии спроектирована первая модель ЕС ЭВМ – ЕС-1020 (главный конструктор В. В. Пржиялковский) с микропрограммным принципом управления. Она обладала быстродействием в 20 тыс. оп./с и $V = 256$ Кб, стала первой в СССР машиной третьего поколения, которая в 1972–1975 гг. выпускалась серийно заводами Белоруссии и Болгарии (всего 800 ЭВМ). Эта машина удачно модернизирована в МПО ВТ в ЕС-1022 (главный конструктор И. К. Ростовцев) с быстродействием до 80 тыс. оп./с и расширенной оперативной памятью. Ее выпускали крупной серией (примерно 4 тыс. машин) те же заводы в 1975–1982 гг.

Модель ЕС-1035 (главный конструктор Г. Д. Смирнов) стала первой машиной второго ряда ЕС ЭВМ (создана по архитектуре IBM-370), обладала быстродействием до 160 тыс. оп./с и $V = 256–1024$ Кб, системой автоматической диагностики. Она могла настраиваться на любую систему команд путем перезагрузки памяти микропрограмм, имела программную совместимость с ЭВМ «Минск-32» и средства повышения надежности. В 1977–1986 гг. МПО ВТ изготовило 2138 машин. Дальнейшим развитием ЕС-1035 стала модель ЕС-1036 (главный конструктор Р. М. Асцатуров) на интегральных схемах более высокой интеграции и быстродействия, в которой реализованы буферная кэш-память, средства организации виртуальных машин, систем динамического микропрограммирования и автоматического

восстановления ЭВМ при сбоях. Имела быстродействие 400 тыс. оп./с и $V = 2048\text{--}4096$ Кб. В 1983–1989 гг. произведено 2073 машины.

Заслугой белорусских заводов ВТ является освоение серийного производства высокопроизводительных ЕС ЭВМ разработки НИЦЭВТ: ЕС-1060, ЕС-1065, ЕС-1066. ЕС-1060 (главный конструктор В. С. Антонов) с быстродействием 1,3 млн оп./с и $V = 2\text{--}8$ Мб относится ко второй очереди ЕС ЭВМ. В ней предусмотрено построение двухмашинного комплекса с применением средств прямого доступа, адаптера «канал – канал» и общего поля внешней памяти. МПО ВТ изготовило 315 машин в 1977–1982 гг. Качественно новой модификацией этой машины стала ЭВМ ЕС-1061, разработанная на МПО ВТ (главные конструкторы Ю. В. Карпилович, А. Н. Виталисов), с быстродействием 2 млн оп./с и V до 8 Мб. Она могла использоваться в системах реального времени, режиме разделения времени, диалоговом режиме. В 1983–1988 гг. выпущено 566 таких машин.

ЭВМ ЕС-1065 (главный конструктор В. В. Плюснин) с быстродействием 5 млн оп./с и $V = 16$ Мб предназначалась для работы в составе многомашинных и многопроцессорных комплексов, а также в режиме с присоединенным процессором. Обладала рядом структурных особенностей, повышающих ее эффективность и надежность. В 1984–1986 гг. МПО ВТ произвело 8 машин. ЕС-1066.90 (главный конструктор Ю. С. Ломов) служила базовой моделью семейства двухпроцессорных ЭВМ для создания мощных вычислительных комплексов разного назначения. Она выпускалась в 18 модификациях – от однопроцессорных с производительностью 5,5 млн оп./с до двухпроцессорных с производительностью 10 млн оп./с, $V = 16\text{--}32$ Мб. В 1987–1993 гг. МПО ВТ изготовило 405 таких машин. ЭВМ ЕС-1181 с быстродействием в однопроцессорном варианте 10 млн оп./с, в двухпроцессорном – 18 млн оп./с и $V = 64\text{--}128$ Мб разработана в единственном экземпляре.

Последними моделями ЕС ЭВМ были ЕС-1130 и ЕС-1230 (главный конструктор В. П. Качков). ЕС-1130 с быстродействием 2 млн оп./с и $V = 8\text{--}16$ Мб имела малые габариты, в ней реализована система восстановления при отказах, программно-аппаратного контроля и микропрограммной диагностики. Всего в 1989–1995 гг. выпущено 437 машин. В ЭВМ ЕС-1230 (называлась «Минск-9000») реализована архитектура System-390 (Enterprise System Architecture-390) фирмы IBM. Используются процессорные платы и другие узлы центральной части системы ES-9000. В зависимости от модуля центрального процессора производительность 280 млн оп./с, V – до 2084 Мб. Изготавливалась с 1995 г. по индивидуальным заказам.

В 2000 г. выпущены две мини-машины – ЕС ЭВМ ВМ-2302 («Колибри»), совместимые с ЕС ЭВМ и профессиональными ЭВМ.

За создание, освоение и внедрение операционных систем ЕС ЭВМ в 1978 г. Государственная премия СССР присуждена авторскому коллективу, в составе которого А. И. Гаро, Э. В. Ковалевич, Л. Т. Чупрыгина. За разработку научных основ ЕС ЭВМ, новых технических решений, разнообразных моделей и вычислительных комплексов, периферийных устройств, систем автоматизации проектирования и производства, создание промышленной базы по выпуску ЭВМ и технологического оборудования в 1983 г. Ленинской премией отмечены Ю. В. Карпилович, Г. Д. Смирнов; Государственной премией СССР в 1983 г. — И. В. Матышев, А. Я. Пыхтин, В. Я. Пыхтин, М. Ф. Чалайдюк, В. А. Шершень; в 1986 г. — Л. Л. Голенова, В. В. Лебедев, И. А. Платун. ЭВМ единой системы, произведенные в Белоруссии, составляли 68 % парка таких вычислительных машин в СССР.

Брестский электромеханический завод (БЭМЗ) также выпускал ЭВМ ЕС-1020, ЕС-1022, бортовые и персональные (ПЭВМ), вычислительные комплексы для АСУ специального назначения, внешние устройства, в том числе для оптического считывания информации и телеобработки данных.

8.3. Вычислительные комплексы и системы.

Персональные электронно-вычислительные машины

С целью повышения производительности вычислений в 1966 г. на базе нескольких ЭВМ «Минск-2» и «Минск-22» разработана однородная многомашина вычислительная система с программируемой структурой «Минск-222» (главный конструктор Г. П. Лопато), которая могла объединять до 8 машин для совместного решения сложной задачи. Первая система, реализованная в Институте математики АН БССР с участием НИИ ЭВМ и Института математики Сибирского отделения АН СССР, служила для разработки алгоритмов распараллеливания вычислительного процесса и усовершенствования технических решений. Создано 7 таких систем, использовавшихся для корректировки орбит космических аппаратов. «Минск-222» была одной из первых в мире вычислительных систем с подобной структурой и стала прообразом современных суперЭВМ с параллельной архитектурой. В дальнейшем ЭВМ «Минск-32» и ЕС ЭВМ выпускались с возможностью объединения их в однородные комплексы. На базе машин ЕС ЭВМ поэтапно была создана система «Нарочь» (главный конструктор Г. П. Лопато, 1979—1987), объединившая 15 ЭВМ, для автоматизации проектирования средств ВТ и ПО. Поскольку для решения многих задач, особенно в реальном времени, требуется подключение измерительно-контрольной аппаратуры, различных датчиков и приборов,

то создание вычислительных систем и комплексов превратилось в одно из основных направлений работы НИИ ЭВМ. На предприятиях, в организациях, вычислительных центрах (ВЦ) на их базе создавались АСУ предприятиями, технологическими процессами, научными исследованиями и научно-техническими экспериментами, системы переписи населения, системы для высшего руководства СССР и обороны, пограничного контроля Белоруссии и др.

В 1975 г. разработана многоабонентская система телеобработки данных на базе ЕС-1022. Выпускались двухмашинные комплексы ВК-2Р-35 (главный конструктор В. Я. Пыхтин, 1979), ВК-2Р-36, ВК-2М-36 (главный конструктор Р. М. Асцатуров, 1984 и 1986 соответственно) и др.

В Беларуси были разработаны и выпускались на БЭМЗ возимые ЭВМ, совместимые с ЕС ЭВМ (главный конструктор Г. П. Лопато). Машина РВ-2 (главный конструктор В. Я. Пыхтин) с производительностью 500 тыс. оп./с и $V=4$ Мб эксплуатировалась в тяжелых условиях: при изменении температуры от -40 до $+50$ °С, воздействиях пыли, влаги, вибрации и других вредных факторов. В 1990–1997 гг. выпускалась машина РВ-3 (главный конструктор Р. М. Асцатуров) с производительностью 3 млн оп./с и $V=12$ Мб, способная работать в тех же экстремальных условиях.

Терминальная ЭВМ «Неман» (главный конструктор К. А. Кирин), использующая элементную базу и конструктивы ряда возимых (РВ) ЭВМ, предназначалась для применения в локальных вычислительных сетях и многотерминальных системах и обладала производительностью 3,3 млн оп./с и $V=16$ Мб. На базе РВ-2, РВ-3 и ЕС ЭВМ были созданы многомашинные комплексы, дистанционные и локальные системы («Невод»); на их основе БЭМЗ изготовил мобильный управляющий двухмашинный комплекс 1В546 (главный конструктор Р. М. Асцатуров).

Персональные ЭВМ. ПЭВМ разных типов, конфигураций и производительностей начали завоевывать мировой рынок с 1970-х гг. В 1984 г. НИИ ЭВМ определен головной организацией по разработке ПЭВМ. В 1985 г. разработана ЕС-1840, первая советская ПЭВМ, совместимая с IBM PC/AT, полностью созданная на отечественных элементах и периферийных устройствах. С 1986 г. выпускались 16- и 32-разрядные ПЭВМ разного назначения, в том числе для эксплуатации в широком диапазоне температур, устойчивые к ударным и вибрационным нагрузкам. Главные конструкторы ПЭВМ: В. В. Витер, В. М. Григоренко, А. П. Запольский, В. И. Овсянников, В. Я. Пыхтин. Всего НИИ ЭВМ разработал более 30 моделей ПЭВМ, которые производились на заводах Минска и Бреста (более 120 тыс. машин), а также более 30 тыс. машин выпущены в Кишиневе, Волжске, Свердловске, Новосибирске, Киеве.

Глава 9

СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

- 9.1. Компьютерная сеть Национальной академии наук Беларуси BASNET.
- 9.2. Компьютерная сеть библиотек Беларуси.
- 9.3. Организация доступа научно-информационной компьютерной сети Республики Беларусь к общеевропейской научной сети GEANT.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [1–4, 9, 22, 28, 43, 46, 47].

9.1. Компьютерная сеть Национальной академии наук Беларуси BASNET

Одной из первых сетей, созданных в Беларуси для обмена данными между различными научно-исследовательскими, академическими и образовательными организациями, была научно-информационная компьютерная сеть НАН Беларуси BASNET. Можно выделить три этапа ее развития.

Первый этап начался в 1976 г., когда первое сетевое оборудование было инсталлировано в Институте математики. В то время компьютерная сеть базировалась на больших компьютерах типа IBM 360–370. Сетевой протокол X.25 был реализован на мини-компьютерах типа DEC PDP/11 и использовался для эксплуатации оборудования передачи данных, центров пакетной коммутации и терминальных систем. Для выхода в глобальные сети использовался выделенный телефонный канал «Минск (Институт математики АН БССР) – Рига (Институт автоматики и вычислительной техники Латвийской академии наук)».

Второй этап создания сети относится к 1991–1994 гг., когда BASNET была существенно модернизирована ВЦ АН БССР на основе PAD-технологии. На этом этапе сеть BASNET объединяла 10 институтов академии и предоставляла сервис электронной почты, используя собственный выделенный канал «Минск – Москва».

ВЦ АН БССР создан в соответствии с постановлением Президиума АН БССР от 5 декабря 1990 г. № 11 в составе АН БССР на основе структурных подразделений Института математики. ВЦ являлся научно-исследовательским учреждением АН БССР и входил в состав Отделения физики, математики и информатики. Хронология развития компьютерной сети НАН РБ приведена в табл. 4.

Хронология развития компьютерной сети НАН Беларуси

Годы	События
1994–1998	Опорная оптоволоконная сеть BASNET с выходом в Интернет
1996–1999	Радиорелейный сегмент академсети BASNET. Узел сети BASNET на Белтелеком. Первая очередь научно-информационной компьютерной сети (НИКС) (НАН Беларуси, БГУ, Минобразования)
2000	Спутниковый канал доступа НИКС к Интернету. Кросс-станции базовых сетей НИКС (НАН Беларуси, БГУ, Минобразования). Национальный узел интернет-регистрации, статус LIR с RIPE NCC
2001	Региональные узлы в Гомеле, Витебске, Бресте
2002	Радио-Ethernet-сегмент BASNET
2003	Доступ НИКС к международной научно-технической информации (НТИ)
2004	Организация подключения BASNET к панъевропейской научной сети GEANT (скорость 34 Мбит/с). Организация взаимодействия научных сетей Беларуси и России в рамках программы «СКИФ». Организация выхода в информационную сеть ВОИС (VIPONET)
2005	Организация подключения BASNET к панъевропейской научной сети GEANT (скорость 155 Мбит/с)

В качестве основных направлений деятельности ВЦ были определены:

- информатизация научных исследований учреждений АН БССР на базе мощной современной вычислительной техники и сетей ЭВМ с выходом на информационные ресурсы крупных научных центров;
- научные исследования и разработки в области теоретического и прикладного программирования.

Работы по информатизации научных исследований учреждений АН БССР (предоставление вычислительных ресурсов, информационных услуг), проводимые ВЦ, были отнесены к фундаментальным исследованиям АН БССР.

ВЦ был оснащен большими ЭВМ: две ЭВМ БЭСМ-6 с удаленными терминалами в учреждениях АН БССР; ЭВМ единой системы: ЕС-1022, ЕС-1046, ЕС-1060; мини-ЭВМ СМ-4.

В 1992 г. была введена в эксплуатацию высокопроизводительная многозадачная многопользовательская станция EVEREX под управлением операционной системы SCO UNIX, на которую были переведены все решаемые задачи для АН БССР. Это позволило вывести из эксплуатации остальную парк устаревшей вычислительной техники, обеспечить более качественное решение задач, освободить занимаемые площади и сократить обслуживающий персонал, сэкономить потребляемую электроэнергию.

В состав ВЦ в качестве структурного подразделения входило Гомельское отделение ВЦ АН БССР, являющееся самостоятельным юридическим лицом.

При ВЦ функционировал Республиканский фонд алгоритмов и программ, который имел в СССР более 2500 организаций-заказчиков. Фонд осуществлял поставку библиотеки прикладных программ, реализующей на языке FORTRAN различные численные методы по всем областям вычислительной и прикладной математики, систем автоматизации программирования на базе языков программирования типа ALGOL, программно-го обеспечения информационно-поисковых систем АСПИД.

Третий этап развития компьютерной сети BASNET начался в 1995 г. В целях концентрации ресурсов и совершенствования управления в области развития компьютерных сетей и информатизации научных исследований Академии наук Беларуси (АНБ) постановлением Президиума АНБ от 31 января 1995 г. № 4 ВЦ АНБ присоединен к Институту технической кибернетики АНБ (директор – академик В. С. Танаев).

В июне 1995 г. в Институте технической кибернетики АНБ при поддержке ведущих зарубежных специалистов был проведен NATO Workshop, посвященный разработке стратегии развития компьютерной сети в Беларуси. В совещании приняли участие представители практически всех республиканских министерств и ведущих зарубежных организаций: DFN, Deutsche Telekom, World Bank, INTAS, SSC, USIA, USIC, NORDUnet, 3M, Eurasia Foundation, NATO.

В 1997–2002 гг. выполнены следующие разработки.

1. Создана сетевая инфраструктура учреждений НАН Беларуси – компьютерная сеть НАН Беларуси BASNET, объединяющая 52 научных учреждения скоростными оптоволоконными либо радиорелейными каналами связи, в том числе более 40 институтов НАН Беларуси. Особенностью инфраструктуры сети BASNET являлась ее ориентация на скоростные каналы связи: реализовано двойное оптоволоконное кольцо FDDI со скоростью передачи 100 Мбит/с, которое связывало локальные коммуникационные узлы сети в учреждениях НАН Беларуси с центральным узлом сети BASNET. Сеть BASNET базировалась на семи базовых сетевых узлах.

В институтах, подключенных к BASNET, построены современные локальные сети, объединяющие более 1000 компьютеров. BASNET получила лицензию на автономный спутниковый VSAT-выход в глобальную компьютерную сеть Интернет и лицензию на предоставление услуг пользователям BASNET и НИКС.

2. Введена в эксплуатацию система радиорелейной связи, что позволило включить в сетевую инфраструктуру НАН Беларуси территориально удаленных пользователей (Академический научно-технический комплекс «Сосны» и Академгородок в районе ул. Купревича).

3. По поручению Президента Республики Беларусь создана и введена в эксплуатацию система спутниковых каналов связи с Интернетом. Таким образом, НАН Беларуси стала одним из двух (второй – Белтелеком) операторов интернет-связи в Беларуси. Структура сети BASNET приведена на рис. 13.

4. На базе спутниковых станций связи в Центральной научной библиотеке (ЦНБ) НАН Беларуси разработан и внедрен узел асинхронного интернет-доступа к зарубежным электронным научным журналам, обеспечивающий доступ к научной электронной библиотеке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) (наиболее крупной в Российской Федерации) со скоростью 2 Мбит/с. При постоянном функционировании это позволяло получить за один год более миллиона книг с рисунками. Общее число доступных журналов составляло 1082 наименования, выпусков – 34 тыс., полнотекстовых статей – около 600 тыс.

5. Разработан и введен в эксплуатацию в Государственном комитете по науке и технологиям (ГКНТ) Республики Беларусь банк данных о научных организациях и разработках в Республике Беларусь.

6. Создан информационный сервер с банком данных прикладного программного обеспечения по различным разделам вычислительной и прикладной математики для поддержки научных исследований.

7. Во исполнение постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 18 декабря 1997 г. № 1677 «О создании единой научно-информационной компьютерной сети» и от 22 октября 1998 г. № 1609 «О развитии в Республике работ по созданию единой научно-информационной компьютерной сети» в рамках государственной системы НТИ была сформирована Программа работ по созданию НИКС. Согласно решению Коллегии ГКНТ работы, выполняемые по этой программе, были отнесены к приоритетным направлениям научно-технического развития Республики Беларусь в период до 2005 г. включительно.

Компьютерная образовательная сеть Министерства образования Республики Беларусь UNIBEL. Национальная образовательная сеть UNIBEL,

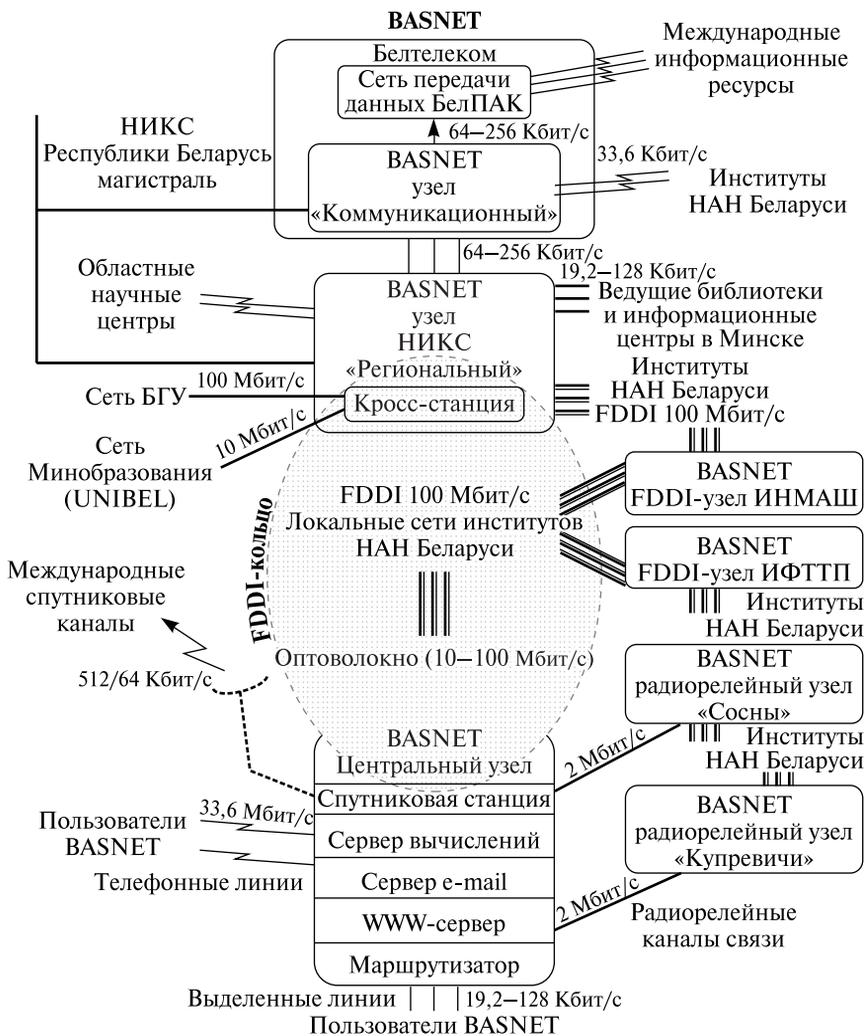


Рис. 13. Схема компьютерной сети НАН Беларуси BASNET

созданная в 1993 г., – одна из первых глобальных сетей в Беларуси. На протяжении почти 20 лет развитием этой сети руководит директор Главного информационно-аналитического центра (ГИАЦ) Министерства образования Республики Беларусь профессор Н. И. Листопад.

В 1996 г. при поддержке международного фонда «Институт открытого общества» была создана опорная сеть UNIBEL в Минске. Впервые

широкий доступ в Интернет получили некоммерческие пользователи — государственные и общественные организации, учреждения социальной сферы Беларуси.

В настоящее время поддержка и обеспечение развития сети UNIBEL осуществляется ГИАЦ Министерства образования Республики Беларусь.

Основные задачи сети UNIBEL:

- преодоление разобщенности университетов, институтов, научных центров, лабораторий, групп исследователей и отдельных ученых, преподавателей и студентов в вопросах использования информационных технологий и средств коммуникаций;
- преодоление трудностей в распространении новых идей, научных результатов и публикаций по различным проблемам, в первую очередь по проблемам информационных технологий;
- обеспечение выхода в мировые образовательные и компьютерные сети, предоставление доступа к международным информационным, вычислительным и программным ресурсам;
- обеспечение эффективной эксплуатации информационных ресурсов Беларуси в целом;
- проведение единой технической политики в области компьютерных коммуникаций в образовании и науке;
- обучение и распространение информационных технологий, распространение интернет-культуры.

Сеть Белорусского государственного университета (BSUNet). Первая локальная сеть персональных компьютеров, использовавшаяся в учебном процессе БГУ, была построена на факультете радиофизики и электроники в 1990 г. на базе 20 ПЭВМ ЕС-1840 и сервера ЕС-1841. Руководил ее созданием заместитель декана факультета доцент Ю. И. Воротницкий. Эта сеть обеспечивала не только файловый обмен, но и удаленную загрузку бездисковых персональных компьютеров с сервера.

В 1991 г. по инициативе начальника научно-исследовательской части БГУ доцента А. П. Гришановича был установлен университетский сервер электронной почты. Дозвон к нему с факультетов осуществлялся с помощью телефонных модемов.

Первая общеуниверситетская локальная сеть, которая состояла из нескольких объединенных между собой сегментов (информационно-вычислительный центр (ИВЦ), ректорат, библиотека, приемная комиссия), была создана в 1994—1995 гг. под руководством директора ИВЦ Ю. И. Воротницкого. В 1996 г. начато проектирование и строительство опорной оптоволоконной сети БГУ, позволившей связать все корпуса университета в общую сеть. Сегодня основу сети БГУ составляют опорные оптоволоконные ком-

муникации протяженностью более 63 км, объединяющие 29 территориально разобщенных корпусов БГУ. Во всех корпусах и общежитиях БГУ имеются локальные сети, большинство их базируется на структурированных кабельных системах. Компьютерная сеть БГУ объединяет более 6870 компьютеров (с учетом юридических лиц и общежитий). В качестве пользователей сети зарегистрировано 39 205 человек, из них 27 811 студентов.

В 1998 г. в сеть БГУ была интегрирована университетская автоматическая телефонная станция (АТС) Alcatel-4400. В настоящее время она соединена по оптоволоконным и медным коммуникациям с двумя процессорными, тремя беспроцессорными выносами и двумя комплектами оборудования абонентского уплотнения в корпусах БГУ. Центральная АТС БГУ по пяти потокам (2 Мбит каждый) соединена с Минской городской телефонной сетью общего пользования. Общее число абонентов телефонной сети БГУ – более 1700 (85 % из них – абоненты учрежденческой АТС).

В 2000 г. сеть БГУ первой среди вузов Беларуси была подключена к Интернету по широкополосному (в представлении того времени) каналу пропускной способностью 1 Мбит/с. В настоящее время канал доступа БГУ в Интернет (обеспечивается Объединенным институтом проблем информатики (ОИПИ) НАН Беларуси) имеет пропускную способность 435 Мбит/с. Доступ в национальную научно-образовательную сеть и Интернет из корпоративной сети БГУ является свободным и бесплатным для всех авторизованных пользователей.

В БГУ создана и развивается корпоративная система телевидения и видеоконференцсвязи. В 2008 г. во внутренней сети БГУ была организована первая трансляция в телевизионном качестве, а с 2009 г. обеспечена возможность прямого интернет-вещания с сайта университета.

В 2012 г. создана первая очередь общеуниверситетского беспроводного сегмента компьютерной сети БГУ. Этот Wi-Fi-сегмент покрывает беспроводным доступом 14 корпусов БГУ. Точки беспроводного доступа установлены в читальных залах библиотеки (8 точек), холлах корпусов и учебных классах (102 точки), залах заседаний и профессорских (5 точек). БГУ является первым и пока единственным белорусским вузом – членом конфедерации роуминговой аутентификации eduroam, в которую входят практически все крупные вузы Европы, Азии, Америки и Австралии.

В 1996 г. президентом Академии наук Беларуси Л. М. Сущеней и министром образования и науки Республики Беларусь В. И. Стражевым утвержден план работ по созданию НИКС. Целью создания НИКС являлось совершенствование информационного обеспечения исследований и разработок, выполняемых научными организациями, высшими учебными заведениями республики, организации на базе современных

информационно-коммуникационных технологий надежных средств связи между источниками и потребителями НТИ как в Минске, так и в других крупных научных и промышленных центрах республики, включая надежный выход через Интернет на зарубежные источники НТИ.

В 2001 г. сети БГУ, Министерства образования и НАН Беларуси были объединены в единую НИКС Республики Беларусь. Проектирование и строительство опорной сети НИКС осуществлял БГУ (руководитель Ю. И. Воротницкий). В настоящее время под торговой маркой НИКС услуги доступа в Интернет учреждениям образования, общежитиям и физическим лицам оказывает Центр информационных ресурсов и коммуникаций БГУ.

9.2. Компьютерная сеть библиотек Беларуси

В рамках государственной программы информатизации на 2003–2005 гг. и до 2010 г. «Электронная Беларусь» разработан технический проект и создана *корпоративная компьютерная сеть библиотек Беларуси* в составе Национальной библиотеки Беларуси, республиканских и областных библиотек и региональных информационных центров.

Сеть включает семь республиканских библиотек, шесть областных научных библиотек, Централизованную систему государственных библиотек Минска, Национальный центр интеллектуальной собственности, Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы. Сеть объединяет (на скоростях от 10 Мбит/с до 1 Гбит/с) через компьютерную сеть НАН Беларуси VASNET республиканский информационный центр на базе Национальной библиотеки Беларуси, другие библиотеки и информационные центры республиканского и областного значения, обеспечивает доступ пользователей корпоративной библиотечной сети к информационным ресурсам Национальной библиотеки, а также мировым информационным ресурсам посредством скоростного оптоволоконного канала связи с общеевропейской научно-образовательной сетью GEANT. Объединение библиотек Беларуси в единую корпоративную библиотечную сеть во главе с Национальной библиотекой Беларуси позволяет интегрировать информационные ресурсы библиотек Беларуси в международное информационное пространство, а также обеспечить доступ граждан Беларуси к информационным фондам белорусских библиотек.

Совместно с белорусскими библиотеками на базе корпоративной сети библиотек Беларуси разработана и внедрена система организации онлайн-

новых электронных интернет-каталогов публичного доступа (ОРАС), введенная в эксплуатацию в Национальной библиотеке Беларуси, Республиканской научно-технической библиотеке, Президентской библиотеке Республики Беларусь, Национальной книжной палате Беларуси, Центральной научной библиотеке НАН Беларуси, а также система онлайн-корпоративной каталогизации изданий и ведения сводного электронного каталога библиотек Беларуси, введенная в эксплуатацию на базе Национальной библиотеки Беларуси. Это позволило интегрировать информационные ресурсы библиотек Республики Беларусь в международное информационное пространство, а также обеспечить удаленный интернет-доступ граждан Беларуси к информационным фондам белорусских библиотек.

Создана и введена в эксплуатацию на базе Центра интернет-доступа ЦНБ НАН Беларуси к зарубежным научным изданиям автоматизированная система электронной доставки документов, включающая подсистемы удаленного интернет-заказа документов, скоростного интернет-приема и архивирования документов, их поиска в электронном архиве и электронной доставки потребителям.

Система электронной доставки обеспечивает получение электронных версий практически всех основных мировых научных изданий, включая доступ к крупнейшей в мире Научной электронной библиотеке РФФИ, которая содержит около 9 млн статей из 6500 наименований журналов. Пользователю системы также доступны электронные версии изданий ведущих мировых издательств: Springer, Blackwell Publishing, EBSCO, ELSEVEIR, Academic Press, World Scientific.

Таким образом, реализованный Центром подход по созданию республиканской корпоративной библиотечной сети, разработка и внедрение современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) позволили решить проблему информационного «голода» науки, образования и техники, возникшую в 1990-е гг. в связи с сокращением (и фактически прекращением) валютной подписки на научную литературу.

На базе государственного учреждения «Национальный центр интеллектуальной собственности» разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система удаленного онлайн-доступа к республиканской базе данных объектов промышленной собственности (изобретения, промышленные образцы, полезные модели, товарные знаки) национальных и зарубежных пользователей.

Успешная реализация в 1997–2005 гг. Перечня мероприятий по развитию НИКС позволила создать сетевую научно-информационную инфраструктуру в Беларуси и перейти к созданию высокоскоростной национальной научно-исследовательской сети государственной системы НТИ.

9.3. Организация доступа научно-информационной компьютерной сети Республики Беларусь к общеевропейской научной сети GEANT

В 2007 г. на основании постановления Президиума НАН Беларуси от 26 января 2007 г. № 3 была произведена реорганизация Государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» в форме присоединения к нему Государственного научного учреждения «Национальный центр информационных ресурсов и технологий» НАН Беларуси.

В настоящее время в НИКС объединены три сети: НАН Беларуси BASNET, Минобразования – UNIBEL, распределенная сеть БГУ; подключены регионы через центры НТИ и региональные университеты. Сетью НИКС охвачено свыше 150 организаций научной и образовательной сферы.

На базе НАН Беларуси и БГУ созданы узлы НИКС, кросс-станция взаимодействия сети НАН Беларуси BASNET, сети Минобразования UNIBEL и сети БГУ.

Завершены работы по созданию опорной магистрали НИКС, связывающей при помощи оптоволоконных каналов Академию управления при Президенте Республики Беларусь, БГУ, НАН Беларуси, Информационно-аналитический центр Минобразования, БГУИР, БНТУ (городок).

Созданы высокоскоростная система доступа пользователей НИКС к вычислительным ресурсам суперкомпьютера «СКИФ», региональные межведомственные сегменты НИКС, включая областные информационные центры.

Обеспечено информационное взаимодействие НИКС с международными глобальными информационными сетями науки и образования всех стран Европы путем реализации скоростного (155 Мбит/с) автономного доступа по волоконно-оптическому каналу связи к единой общеевропейской научно-образовательной сети GEANT (рис. 14). Сеть BASNET на сегодня – единственная сеть в Республике Беларусь, обеспечивающая автономный доступ к мировым компьютерным сетям через общеевропейскую научную сеть GEANT, объединяющую более 3,5 тыс. исследовательских и образовательных организаций из 33 стран Европы.

Подключение к GEANT произведено в августе 2004 г. по наземному международному цифровому каналу связи через научно-образовательную сеть Польской академии наук PIONIER. Пропускная способность канала доступа сети BASNET в GEANT и Интернет в настоящее время составляет 155 Мбит/с.

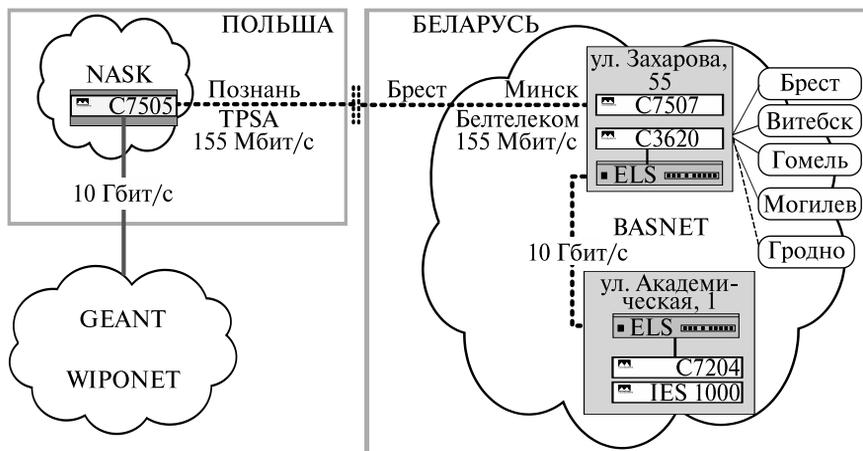


Рис. 14. Схема подключения к общеевропейской научной сети GEANT

Организация данного канала позволяет обеспечить высокое качество доступа в Интернет (симметричные каналы, низкое время задержки распространения сигнала и др.) при невысоких тарифах.

Подключение к GEANT предоставляет качественно новые возможности доступа к европейским электронным научно-техническим ресурсам, в том числе к национальным библиотечным электронным ресурсам европейских стран, включая Россию, а также использования современных технологий электронного образования, широко представленных в сети GEANT.

На рис. 14 показана схема подключения Беларуси через компьютерную сеть Польской академии наук (Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa, NASK). Организация данного канала позволяет не только существенно понизить стоимость выхода в международные сети, но и предоставить качественно новые условия связи. К сети GEANT также подключены все областные центры и областные библиотеки соответственно.

BASNET предоставляет сетевые сервисы и услуги (доступ в Интернет, хостинг, система доменных имен (Domain Name System, DNS), электронная почта и др.) как организациям НАН Беларуси, так и другим организациям научной и бюджетной сферы.

Сеть BASNET основывается на тринадцати базовых сетевых узлах, большинство из которых связаны высокоскоростными оптоволоконными каналами общей длиной более 30 км, обеспечивающими передачу данных по сети со скоростью 100–1000 Мбит/с. Ряд организаций подключен по радио-Ethernet-технологии и радиорелейными каналами, обеспечивающими скорость передачи 2–11 Мбит/с.

Ядром сетевой инфраструктуры BASNET является опорная сеть на базе протокола Gigabit Ethernet со скоростью передачи 1 Гбит/с, а ее периферию образуют радиальные сегменты, работающие по протоколам Fast Ethernet и Ethernet, что обеспечивает высокую скорость обмена (10–100 Мбит/с) между подключенными к сети абонентами.

Для подключения пользователей к сети BASNET также широко используются xDSL-технологии и коммутируемый доступ по протоколу V-90/92.

Региональные узлы сети BASNET в Гомеле, Бресте, Гродно, Могилеве подключены к центральному узлу в Минске на скорости 2 Мбит/с, региональный узел в Витебске – на скорости 384 Кбит/с.

Сеть BASNET:

- является членом Европейского центра интернет-регистрации, имеет статус LIR, собственное пространство IP-адресов, сопровождает несколько доменов второго уровня – basnet.by, org.by, culture.by, from.by;

- обеспечивает автономный наземный выход в глобальную компьютерную сеть Интернет, располагая соответствующими лицензиями.

Сеть BASNET оснащена современным сетевым оборудованием, включая маршрутизаторы Cisco серий 7500, 7200, 4500, 3600. Базовая структура сети BASNET приведена на рис. 15.

С учетом технологического прогресса в ИКТ, расширения международного сотрудничества проблемы дальнейшего развития и совершенствования информационного обеспечения научных исследований и разработок, развития системы НТИ остаются актуальными.

Инновационный путь развития государства невозможен без адекватного эффективного развития государственной системы НТИ, призванной, с одной стороны, обеспечить потребности специалистов в НТИ, а с другой – представить в мировом информационном пространстве национальную научно-техническую продукцию.

Актуальной задачей на 2009–2010 гг. в сфере НТИ была разработка и реализация программы создания на базе Академсети высокоскоростной информационно-коммуникационной инфраструктуры и системы обмена информацией с выходом в международную научную сеть GEANT на скорости 1 Гбит/с и выше, а также развитие информационной инфраструктуры в регионах.

Мировой опыт показывает, что основой современной Государственной системы научно-технической информации (ГСНТИ) является развивающаяся информационно-коммуникационная инфраструктура, которая позволяет автоматизировать большинство функций работы с документами при условии, что они представлены в электронной форме:

- долговременное хранение, оперативное копирование и распространение, быстрый доступ к документам на любом расстоянии;

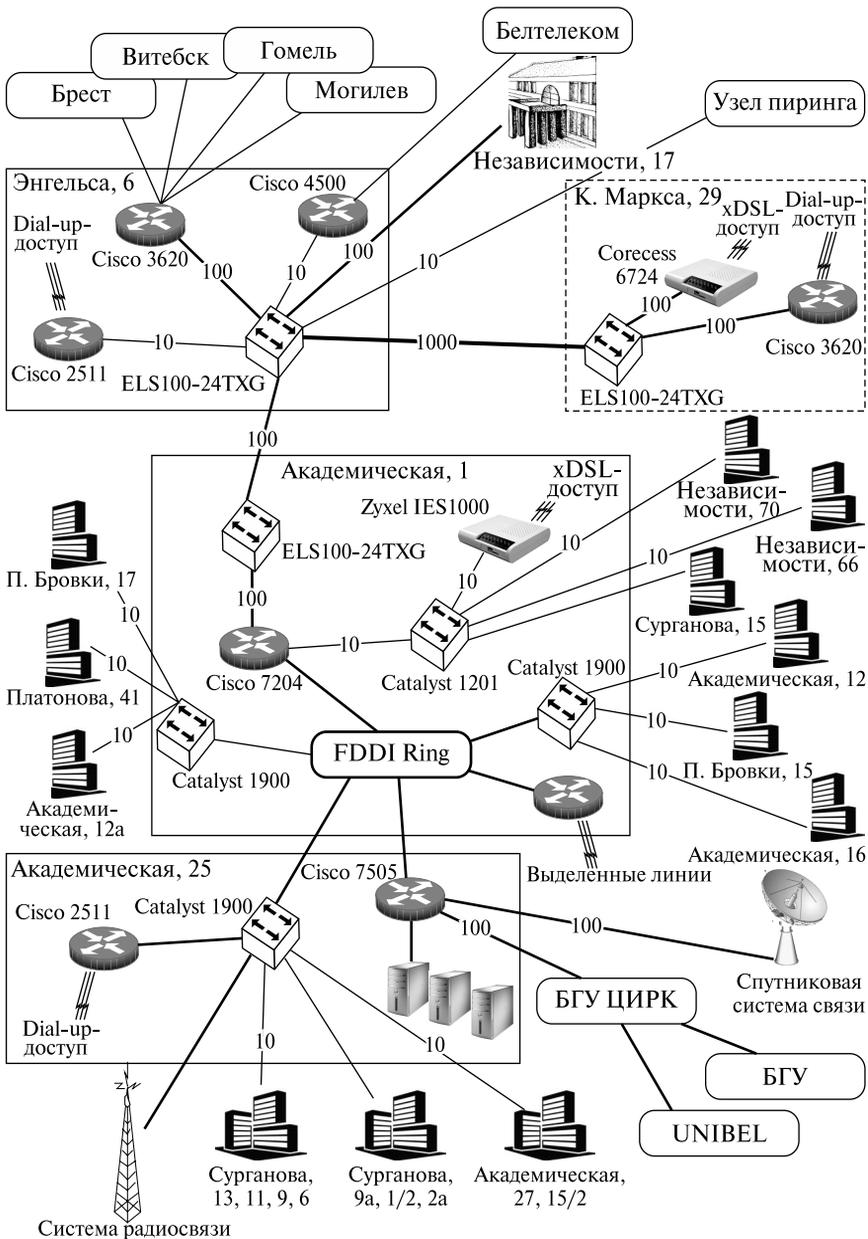


Рис. 15. Базовая структура сети BASNET

- высокоскоростной информационный поиск в практически неограниченном объеме документов при высокой сложности запросов (контекстный поиск, многообразие критериев);

- семантический анализ, классификацию и рубрикацию документов.

Современные информационные технологии обеспечивают уникальные возможности непосредственных научных коммуникаций и совместных исследований и разработок учеными и специалистами из разных организаций, городов, стран и континентов. Очевидно, что развитие системы НТИ и коммуникаций нельзя рассматривать вне контекста общей информатизации страны, так как общегосударственная информационно-коммуникационная инфраструктура является основой для информационного взаимодействия субъектов научной, научно-технической и инновационной деятельности, а государственная политика информатизации определяет базовые нормативно-правовые, организационные и финансовые условия развития сети телекоммуникаций, формирования и использования информационных ресурсов.

В соответствии с Декретом Президента Республики Беларусь от 5 марта 2002 г. № 7 «О совершенствовании государственного управления в сфере науки» на НАН Беларуси возложена функция республиканского органа государственного управления по обеспечению развития ГСНТИ.

В целях реализации НАН Беларуси функции республиканского органа государственного управления по обеспечению развития ГСНТИ был разработан и реализован Перечень работ по развитию государственной системы НТИ на 2006–2008 гг. и перспективу.

Глава 10

СОЗДАНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ В РАМКАХ РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

- 10.1. Создание отечественных суперкомпьютеров.
- 10.2. Практическое использование суперкомпьютеров.
- 10.3. От суперкомпьютеров к грид-технологиям.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [1–4, 30, 43, 46, 47].

10.1. Создание отечественных суперкомпьютеров

В современном обществе высокие информационные технологии стали фундаментальной инфраструктурой, подобно энергетике, дорожным коммуникациям и другим важным для экономики государства системам.

В последнее десятилетие в мире наблюдается лавинообразное увеличение объема информации — каждые 3–4 года он удваивается. Синхронно с этим процессом в ряде областей науки, техники и управления народно-хозяйственным комплексом появляется все больше задач, требующих для своего эффективного решения принципиально новых технологий обработки данных с предельно достижимыми значениями быстродействия средств вычислительной техники.

В настоящее время в мире наблюдается своеобразный бум в области стратегически важного направления по созданию высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой, или суперкомпьютеров.

Обладание все большими вычислительными мощностями имеет стратегическое значение для развитых государств, сравнимое со значением ракетно-ядерного потенциала. В связи с этим среди ведущих промышленных стран идет острое соперничество за обладание все более совершенными и сверхпроизводительными компьютерными технологиями как важным стратегическим ресурсом обеспечения развития страны. Практически все развитые страны Запада имеют национальные программы создания компьютеров сверхвысокой производительности. Именно на решение этой проблемы направлена стратегическая компьютерная инициатива президента США, на осуществление которой Конгресс США ассигнует ежегодно сотни миллионов долларов.

Американские эксперты не скрывают, что успех этой национальной программы позволит решить главную геостратегическую задачу — сделать глобальным контроль США над информационным пространством в масштабах всей планеты.

Поэтому создание собственной передовой высокопроизводительной техники имеет для Беларуси важное стратегическое, политическое и экономическое значение. Предпосылки для развития вычислительной техники такого уровня были заложены еще во времена, когда СССР входил в число лидеров мирового компьютеростроения, а Беларусь являлась одним из ведущих производителей средств вычислительной техники. Об этом, к сожалению, сегодня мало известно. Предприятия республики — НИИ ЭВМ и МПО ВТ — во многом определяли стратегию и темпы развития компьютерной отрасли СССР. Как уже отмечалось, НИИ ЭВМ был одним из основных звеньев в государственной программе СССР по производству вычислительной техники. Здесь разрабатывались достаточно известные не только в СССР, но и во всем социалистическом мире вычислительные машины ЕС ЭВМ и системное программное обеспечение для них. Эти вычислительные машины стали основой для компьютеризации отраслей народного хозяйства СССР. Производством занималось МПО ВТ.

С развитием суперкомпьютерных технологий самым тесным образом связаны такие наукоемкие секторы промышленности, как микроэлектроника, оптическое приборостроение, точная механика, средства отображения информации, коммуникационная техника, производство программных продуктов и др. Именно в этих секторах Республика Беларусь сохраняет значительный научно-технический потенциал, который поддерживается необходимыми фундаментальными и прикладными исследованиями и целевое использование которого позволяет в сравнительно короткие сроки при относительно небольших затратах выйти на собственный альтернативный, практически независимый от Запада путь развития отечественной конкурентоспособной высокопроизводительной вычислительной техники. Уровень ее будет соответствовать требованиям со стороны широкой категории пользователей и способствовать форсированному технологическому перевооружению ключевых отраслей промышленности, их реформированию с целью достижения мирового уровня качества продукции на базе новейших наукоемких информационных технологий.

Научно-технические исследования, проводимые в Беларуси в области разработки методов и средств моделирования интеллектуальных процессов в проектировании, планировании, управлении, создания новых информационных и телекоммуникационных технологий, программно-технических комплексов и систем, выполнялись в рамках многих государственных программ.

Таким образом, Республика Беларусь обладала достаточным научно-техническим потенциалом для создания, освоения, использования и развития средств высокопроизводительной вычислительной техники.

Освоение такой техники было начато с 2000 г. в ходе реализации программы «СКИФ». Программа Союзного государства «Разработка и освоение в серийном производстве семейства высокопроизводительных вычислительных систем с параллельной архитектурой (суперкомпьютеров) и создание прикладных программно-аппаратных комплексов на их основе» (шифр «СКИФ») была утверждена постановлением Исполнительного комитета Союза Беларуси и России № 43 от 22 ноября 1999 г.

Программа Союзного государства «СКИФ» с учетом продления на один год в соответствии с постановлением Совета Министров Союзного государства от 29 декабря 2003 г. № 29 была рассчитана на 5 лет – 2000–2004 гг. Координатором Программы от Республики Беларусь была НАН Беларуси, государственным заказчиком Программы от Российской Федерации – Министерство промышленности, науки и технологий Российской Федерации.

В соответствии с постановлением Совета Министров Союзного государства от 11 октября 2004 г. № 20 государственный заказчик – координа-

тор Программы от Российской Федерации – Федеральное агентство по науке и инновациям, государственный заказчик Программы от Республики Беларусь – НАН Беларуси.

Головные исполнители Программы – ОИПИ НАН Беларуси и Институт программных систем Российской академии наук (ИПС РАН).

Система программных мероприятий включала 21 задание (проект), которое предусматривало работы по созданию конструктивных модулей, элементной базы, системного программного обеспечения и законченных прикладных систем. В реализации программных мероприятий запланировано участие около 20 предприятий от Республики Беларусь и Российской Федерации.

Главная цель Программы – возрождение компьютерной отрасли двух стран, промышленное производство ряда программно совместимых моделей суперкомпьютеров с широким спектром производительности – до триллионов операций в секунду.

Для достижения этой цели в рамках Программы был реализован комплексный подход, включающий:

- разработку концепции создания моделей семейства суперкомпьютеров «СКИФ»;
- создание опытных образцов базовых конфигураций суперкомпьютерных систем (БКСС) «СКИФ», разработку литерной конструкторской и программной документации, проведение комплексных предварительных и приемочных (государственных) испытаний опытных образцов БКСС «СКИФ»;
- создание единого информационного и телекоммуникационного пространства участников Программы с возможностью удаленного доступа к суперкомпьютерным ресурсам;
- создание пилотных прикладных комплексов на базе суперкомпьютеров «СКИФ»;
- подготовка и переподготовка кадров для работы с суперкомпьютерными технологиями;
- организация промышленного выпуска и системы технического обслуживания моделей суперкомпьютеров «СКИФ» в широком диапазоне производительности.

Практическая реализация комплексного подхода состояла из двух этапов.

Этап 1 (2000–2002 гг.). Разработка и организация производства моделей первого ряда (модели Ряд 1) семейства суперкомпьютеров «СКИФ».

На первом этапе были отработаны основные концептуальные принципы и созданы суперкомпьютерные конфигурации, обеспечивающие возможность создания семейства моделей суперкомпьютеров среднего класса

(модели Ряда 7) с пиковой производительностью до 300–400 млрд оп./с – суперсерверы «СКИФ».

Разработаны комплекты конструкторской и программной документации и созданы образцы БКСС с пиковой производительностью до 100 млрд оп./с. Проведены государственные испытания опытного образца БКСС кластерного уровня, разработаны комплекты документации для организации промышленного выпуска суперкомпьютерных конфигураций. Осуществлена подготовка специалистов по разработке программного обеспечения и использованию суперкомпьютеров «СКИФ», начаты разработки пилотных прикладных систем, созданы необходимые заделы для разработки второго ряда моделей семейства суперкомпьютеров.

Этап 2 (2003–2004 гг.). Разработка и организация производства моделей второго ряда (моделей Ряда 2) семейства суперкомпьютеров «СКИФ» и создание прикладных систем на их основе.

На втором этапе отработаны основные концептуальные принципы и созданы суперкомпьютерные конфигурации для отработки принципов построения семейства моделей суперкомпьютеров с массовым параллелизмом сверхвысокой производительности (триллионы операций в секунду) – модели суперкомпьютеров «СКИФ» Ряда 2. Они реализуются на базе кластерной архитектуры, включая сетевые (метакластерные) конфигурации. На этом этапе также разработаны прикладные программно-аппаратные комплексы на базе суперкомпьютеров «СКИФ».

Важнейший практический результат выполнения программы – выпуск 16 образцов кластерных суперкомпьютеров с пиковой производительностью в диапазоне от десятков миллиардов до нескольких триллионов операций в секунду, которые использовались как для отладки программного обеспечения кластерного уровня, так и для реальных вычислений в интересах предприятий и учреждений России и Беларуси.

В 2000–2004 гг. было выпущено 12 образцов суперкомпьютеров «СКИФ».

При планировании работ в 2003 г. было принято решение о выпуске первого образца терафлопного диапазона – не менее 0,5 Tflops, который располагался бы в Минске. Данная установка получила название «СКИФ К-500». Окончательная проработка архитектурных особенностей этого образца была завершена в мае 2003 г. Основными исполнителями работ по созданию образца были:

- ОИПИ НАН Беларуси (Минск) – основной заказчик, разработчик технических требований и архитектуры, исполнитель окончательной сборки и наладки установки, место ее размещения;
- НИИ ЭВМ (Минск) – разработка основных конструктивов, сборка комплекса;

- ИПС РАН (Переславль-Залесский) – установка программного обеспечения;
- компания «Т-Платформы» (Москва) – разработка и изготовление вычислительных узлов.

Основные технические характеристики суперкомпьютеров «СКИФ К-500» приведены в табл. 5.

Таблица 5

Основные технические характеристики «СКИФ К-500»

Месяц и год выпуска	Сентябрь 2003 г.
Место расположения	ОИПИ НАН Беларуси (Минск)
Число вычислительных узлов/процессоров	64/128
Тип процессора	Intel Xeon 2,8 ГГц
Частота процессора	2800 МГц
Предельная пиковая (реальная на задаче Linpack) производительность	716,8 (425,2) Gflops
Оперативная память установки	$64 \cdot 2 = 128$ Гб
Дисковая память установки	$64 \cdot 60 = 3840$ Гб
Тип системной сети	3D-тор, SCI, D336
Тип управляющей (вспомогательной) сети	Gigabit Ethernet
Конструктив узла (форм-фактор)	1U
Дополнительно	Linpack: размерность $N = 123\,500$, $N_{1/2} = 25\,000$, КПД = $425,2/716,8 = 59\%$; «СКИФ К-500» оснащен сервисной сетью, разработанной в ИПС РАН и серийно выпускаемой в НИИ ЭВМ

16 ноября 2003 г. суперкомпьютер «СКИФ К-500» вошел в очередной, 22-й выпуск списка TOP-500 и стал в нем первым суперкомпьютером, разработанным и изготовленным по программе Союзного государства (рис. 16).

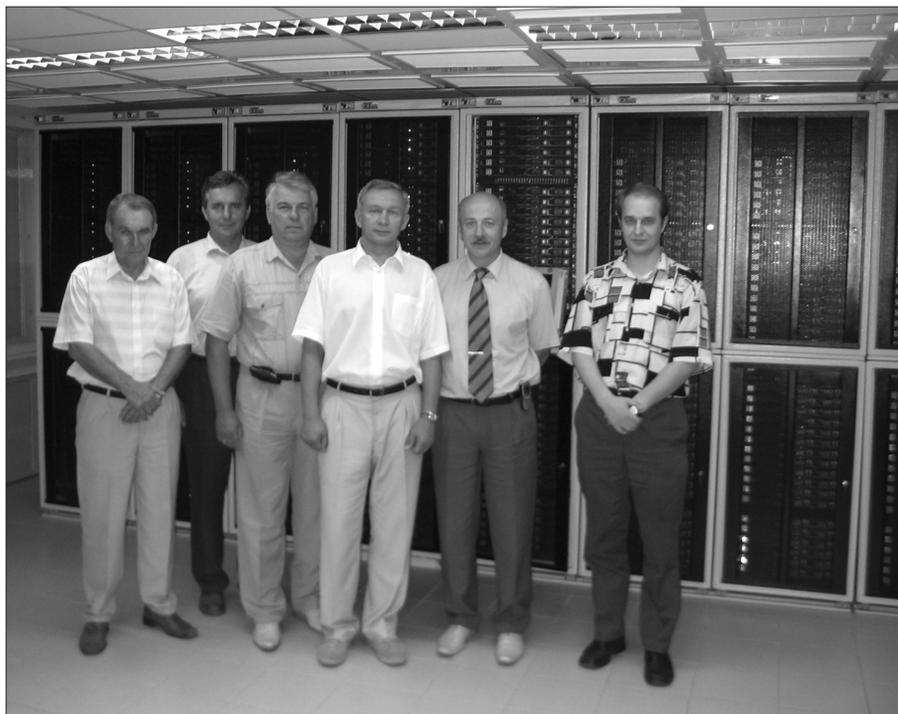
Включение кластера «СКИФ К-500» в список пятисот наиболее мощных вычислительных установок мира означало достижение уже в 2003 г. важного прямого политического эффекта: Республика Беларусь наравне



Рис. 16. «СКИФ К-500» в окончательной конфигурации, ОИПИ НАН Беларуси, Минск, октябрь 2003 г.

с США, Японией и еще несколькими странами стала обладателем критической суперкомпьютерной технологии, повысив престиж государства как разработчика этой технологии.

В 2004 г. создан кластер «СКИФ К-1000» с пиковой производительностью 2,5 трлн оп./с. 9 ноября 2004 г. суперкомпьютерная конфигурация «СКИФ К-1000» включена в 24-й выпуск списка TOP-500 под номером 98. В первую сотню рейтинга от 9 ноября 2004 г. вошли суперкомпьютерные установки 16 стран, из них установки собственных разработчиков представили только США, Япония, Китай и Союзное государство. Суперкомпьютер «СКИФ К-1000» является самым мощным компьютером на территории стран СНГ и Восточной Европы. Создание кластера «СКИФ К-1000» с пиковой производительностью 2,5 трлн оп./с подтверждает выход на собственный путь развития конкурентоспособной высокопроизводительной вычислительной техники, уровень которой соответствует современным мировым требованиям со стороны широкой категории пользователей.



Суперкомпьютерная конфигурация «СКИФ К-1000»
и основные разработчики (*слева направо*):

Н. Н. Парамонов, А. Г. Рымарчук, Д. Б. Жаворонков,
С. В. Абламейко, В. В. Анищенко, О. П. Чиж

Пять белорусских суперкомпьютеров входили в 2005 г. в редакцию списка 50 самых мощных компьютеров СНГ, занимая 1-е («СКИФ К-1000»), 4-е («СКИФ К-500»), 16-е, 24-е и 36-е места.

Было разработано системное программное обеспечение и языковые средства для моделей суперкомпьютеров «СКИФ». Отличительной особенностью суперкомпьютеров «СКИФ» является использование отечественной оригинальной системы поддержки параллельных вычислений – Т-системы, реализующей автоматическое динамическое распараллеливание программ и владеющей рядом технологических находок, не имеющих аналогов в мире.

Основные концептуальные принципы создания семейства суперкомпьютеров (открытая масштабируемая архитектура, набор базовых вычислительных модулей и конфигураций и др.) позволяют оптимальным

способом создавать для каждой конкретной прикладной проблемы адекватную суперкомпьютерную конфигурацию.

Специфика моделей и их модификаций отражается в эксплуатационной документации. основополагающие принципы концепции позволяют создавать прикладные комплексы, соответствующие требованиям конкретного заказчика, оптимально использовать производственные мощности предприятия-изготовителя с учетом специфики рынка сбыта высокопроизводительных вычислительных систем.

Конструкторская документация разработана на базовые модули, имеющие самостоятельную поставку, и на базовые конфигурации суперкомпьютерных систем. Конструкторская документация выполнена в едином для всех исполнений суперкомпьютерных конфигураций групповом варианте в соответствии с действующими стандартами.

Групповое построение конструкторской документации адекватно отражает возможности архитектурной идеологии (открытость, масштабируемость), позволяя оптимальным способом организовать серийное производство широкой номенклатуры моделей суперкомпьютеров, наиболее полно удовлетворяющих предъявляемые пользовательские требования.

Была создана телекоммуникационная сеть, объединяющая участников Программы и вычислительные ресурсы суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ».

Дальнейшее развитие суперкомпьютеров семейства «СКИФ» выполнялось на следующих этапах:

- 2007–2008 гг. – создание кластеров Ряда 3 – «СКИФ МГУ» (новый флагманский суперкомпьютер направления «СКИФ») с пиковой производительностью 60 Tflops и «СКИФ К-1000М» (модернизация суперкомпьютера «СКИФ К-1000») с пиковой производительностью 5 Tflops;

- 2007–2010 гг. – разработка отечественных технических решений для перспективных суперкомпьютеров семейства «СКИФ» (blade-серверные решения, отечественный интерконнект, решения в области ускорителей и т. п.);

- 2009–2012 гг. – создание модулей и опытных образцов базовых конфигураций суперкомпьютерных систем семейства «СКИФ» Ряда 4 для отработки решений на перспективу (радикальное улучшение показателя «производительность на ватт», использование гибридных вычислительных узлов и новых архитектурных решений).

Развитие суперкомпьютерного направления «СКИФ» отражено на рис. 17.

Технические характеристики последовательно усовершенствованных рядов суперкомпьютеров приведены в табл. 6.



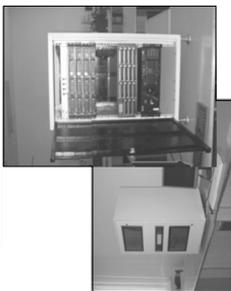
Ряд 1

- кластерная архитектура
- одноядерные 32-разрядные МП
- конструктив — 1U — 4U
- пиковая производительность до 100 Gflops



Ряд 2

- кластерная архитектура
- одноядерные 32- и 64-разрядные МП
- конструктив — 1U
- пиковая производительность до 2,5 Tflops



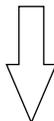
Персональные кластеры

- кластерная архитектура
- двух- и четырехядерные 64-разрядные МП
- пиковая производительность до 4 Gflops



Ряд 4

- гибридная архитектура
- мультиядерные 64-разрядные МП
- 1U и blade-серверы
- процессоры-ускорители
- пиковая производительность — десятки Tflops
- грид-сегменты



Ряд 3

- кластерная архитектура
- двухядерные 64-разрядные МП
- 1U
- пиковая производительность до 5 Tflops
- грид-сегменты



Рис. 17. Схема развития суперкомпьютерного направления «СКИФ»

Суперкомпьютеры семейства «СКИФ»

Ряд	Годы и пиковая производительность	Ядер в CPU / разрядность	Сетевые решения	Форм-фактор; CPU/U	Примечания
1	2000–2003 20–500 Gflops	1/32	Fast Ethernet, SCI (2D-top), Myrinet	4U – 1U; 0,5–2	Отечественная системная сеть SCI (2D-top)
2	2003–2007 0,1–5 Tflops	1/32–64	Gigabit Ethernet, SCI (3D-top), InfiniBand	1U; HyperBlade 2	Сеть управления: ServNet v. 1 и v. 2; ускорители: FPGA, OBC
3	2007–2008 5–150 Tflops	2–4/64	Gigabit Ethernet, InfiniBand DDR	1U; blades 2–4	Сеть управления ServNet v. 3; три контура охлаждения: воздух – вода – фреон
4	2009–2012 ~0,5–5 Pflops	4–12/64	InfiniBand QDR, отечественная системная сеть 3D-top	Сверхплотная упаковка; blades 10.7	Сеть управления ServNet v. 4; ускорители: FPGA, GPU, МЦОС

Переход от ряда к ряду характеризовался серьезными усовершенствованиями по тем или иным направлениям. В установках «СКИФ» всегда применялись самые современные процессоры, которые предоставляла индустрия. От модели к модели совершенствовались системная сеть (интерконнект, сеть, используемая для организации параллельного счета) и вспомогательная TCP/IP-сеть, применяемая для организации файловых обменов и управления. В системной сети использовались самые производительные готовые коммерчески доступные решения, выполнялись также работы по реализации отечественного интерконнекта оригинальной архитектуры. Системной сети уделялось повышенное внимание при проектировании каждой машины.

При разработке суперкомпьютеров «СКИФ» Ряда 4 заложены технические решения, ориентированные на создание в Союзном государстве отечественных суперкомпьютерных технологий мирового уровня. Основные стратегические принципы производства перспективных конфигураций «СКИФ» Ряда 4:

- гибридная архитектура вычислительных узлов кластера;

- мультиядерные процессоры с архитектурой x86;
- достижение петафлопсного диапазона (5–10 Pflops в 2012 г.);
- водяное охлаждение на серверном конструктивно-технологическом уровне;

- отечественные blade-серверы;
- отечественный высокоскоростной интерконнект.

В 2007–2010 гг. были созданы следующие суперкомпьютерные кластеры.

Кластер «СКИФ ОИПИ». Опытный образец суперкомпьютера «СКИФ ОИПИ» (рис. 18), являющийся «первенцем» конфигураций «СКИФ» Ряда 4, представляет собой метакластер, состоящий из двух кластеров, – кластера на основе blade-технологий (blade-кластер) и кластера на основе cell-технологий (cell-кластер).

Кластер «СКИФ-GPU». Вычислительные узлы (ВУ) и другие модули кластера «СКИФ-GPU» располагаются в двух 19"-стойках высотой 44 U



Рис. 18. Опытный образец суперкомпьютера «СКИФ ОИПИ»

собственной разработки (рис. 19). В кластере «СКИФ-GPU» 34 вычислительных и 2 управляющих узла. Каждый ВУ кластера содержит два 4-ядерных процессора Nehalem Intel Xeon X5570 2,93 ГГц с архитектурой x86-64 и графический процессор NVIDIA GeForce GTX 295.

Пиковая производительность кластера «СКИФ-GPU» для графических процессоров при выполнении вычислений с плавающей запятой одинарной точности – не менее 60,0 Tflops, двойной точности – не менее 5,0 Tflops.



Рис. 19. Опытный образец кластера «СКИФ-GPU»

Реальная производительность опытного образца суперкомпьютера «СКИФ-GPU» на тесте Linpack на 36 узлах без графических процессоров: 3025 Gflops при показателе эффективности кластера $U_{\text{эф}} = 89,62\%$ от пиковой 3375,36 Gflops. По результатам тестирования кластер «СКИФ ОИПИ» был включен в 13 редакцию списка Top-50 от 21 сентября 2010 г. под номером 45.

Кластер «СКИФ-ГРИД». В кластере «СКИФ-ГРИД» были использованы перспективные технические решения на базе 12-ядерных процессоров AMD Opteron с архитектурой x86-64 и графических процессоров-ускорителей.

В 2004 г. было принято решение о создании в ОИПИ НАН Беларуси на базе суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ» суперкомпьютерного центра коллективного пользования с возможностью удаленного доступа к его вычислительным ресурсам. Такой центр создан на базе суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ ВМ-5100», «СКИФ К-500» и «СКИФ К-1000» и с 2005 г. функционирует в круглосуточном режиме. Ресурсы суперкомпьютерного центра постоянно используются для решения актуальных задач моделирования машиностроительных конструкций.

Таблица 7

Технические характеристики суперкомпьютерных конфигураций

Характеристика	Модель		
	«СКИФ ОИПИ BLADE50»	«СКИФ-GPU»	«СКИФ-ГРИД»
Число вычислительных узлов/процессоров	50/100	34/68	36/72
Число управляющих узлов/процессоров	2/4	2/4	2/12
Тип процессора	Intel Xeon E5472 (3,0 ГГц, 4 ядра)	Intel Xeon E5570 (2,93 ГГц, 4 ядра)	AMD Opteron 6174 (2,23 ГГц, 12 ядер)
Тип графического ускорителя	—	Видеокарта MSI GF 295GTX в каждом вычислительном узле	Графический ускоритель NVIDIA Tesla S2050

Характеристика		Модель		
		«СКИФ ОИПИ BLADE50»	«СКИФ- GPU»	«СКИФ- ГРИД»
Производительность, Gflops без учета управ- ляющих узлов и графиче- ских процессоров	предельная пиковая	4800	3188	7707
	реальная на Linpack	4027	3025	6331
Оперативная память, Гб		400	816	1728
Дисковая память, Тб		8	5,44	9
Дисковая память файл-сервера, Тб (без учета затрат на технологию RAID)		СХД1 – 9, СХД2 – 12	12	24
Тип системной сети		Infiniband DDR, 20 Гбит/с	Infiniband QDR, 40 Гбит/с	Infiniband QDR, 40 Гбит/с
Тип управляющей (вспомогательной) сети		Gigabit Ethernet		
Сервисная сеть		СКИФ- ServNet, IPMI	IPMI	IPMI
Телекоммуникационная сеть		BASNET, ВОЛС 100 Мбит/с		
Внешняя телекоммуникационная сеть		GEANT, ВОЛС 2 Мбит/с		
Протокол удаленного доступа		Защищенный SSL		

В 2012 г. Республиканский суперкомпьютерный центр коллективного пользования объединил вычислительные мощности суперкомпьютерных конфигураций кластерной архитектуры «СКИФ-ГРИД». Технические характеристики суперкомпьютерных конфигураций представлены в табл. 7.

10.2. Практическое использование суперкомпьютеров

Начиная с 2003 г. ОИПИ НАН Беларуси активно проводил работы по загрузке вычислительных ресурсов созданных суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ» для решения конкретных прикладных задач.

ОИПИ НАН Беларуси выработал несколько направлений достаточно эффективного использования суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ» для проведения конечно-элементного анализа машиностроительных кон-

струкций, что открывает новые возможности для повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Решение многих актуальных задач автоматизированного конструкторско-технологического проектирования наукоемких изделий машино- и приборостроения практически невозможно без использования высокопроизводительной техники.

Разработан ряд прикладных программно-аппаратных комплексов с использованием ресурсов суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ», что отражает не только возможность эксплуатации высокопроизводительной техники в разных областях, но и необходимость и целесообразность ее применения в указанных ниже сферах:

- программно-аппаратный комплекс для численного моделирования процессов в задачах радиационной газодинамики;
- экспериментальная вычислительная система на базе специализированных вычислительных модулей с параллельной архитектурой для обработки и распознавания рукописных символов;
- макет экспериментальной системы для обработки радиолокационных сигналов, распознавания объектов и моделирования широкополосных радиолокационных сигналов с использованием вычислительных модулей;
- программный комплекс моделирования фильтрационных процессов в условиях блочных нарушений породного массива, обусловленных воздействием крупномасштабных техногенных нагрузок;
- программный комплекс расчета зонной структуры твердых тел;
- макет программного комплекса оптимизации частотно-территориальных планов радиоэлектронных средств;
- аппаратно-программный кардиологический комплекс на основе суперкомпьютерных вычислительных модулей для исследования микроциркуляторного звена сердечно-сосудистой системы методом биомикроскопии;
- экспериментальный программно-информационный комплекс оперативного прогноза ветрового переноса загрязнений при чрезвычайных ситуациях;
- система оперативной идентификации личности по акустико-фонетическим признакам на основе произвольного отрывка речи.

Были выполнены следующие работы на суперкомпьютерах «СКИФ» для ряда промышленных предприятий Беларуси:

1. По договору с Борисовским заводом агрегатов Министерства промышленности Республики Беларусь в рамках Государственной программы импортозамещения «Разработать и освоить в производстве импортозамещающий базовый турбокомпрессор для двигателей трактора “Беларусь”» проведены работы по созданию сквозной компьютерной технологии проектирования, испытаний и технологической подготовки турбокомпрессоров для наддува дизельных двигателей Минского моторного завода.

С использованием компьютерных технологий, базирующихся на конфигурациях «СКИФ» и программных системах LS-DYNA и Star-CD, адаптированных для работы на многопроцессорных системах, удалось в кратчайшие сроки модернизировать серийную конструкцию ТКР 6.1, получить на двигателях Д-245.7 и Д-245.9 результаты, соответствующие требованиям «Евро-2», а также исключить импорт турбокомпрессоров этого типа. Проводятся исследования по разработке турбокомпрессора ТКР 9, предназначенного для установки на дизельные двигатели мощностью 300–350 л. с.

2. Проведены работы по расчету и моделированию остовов перспективных универсальных тракторов «Беларусь» на суперкомпьютере «СКИФ», которые принципиально не могут быть рассчитаны на традиционных средствах вычислительной техники. Получены положительные решения, ведется работа по совершенствованию методик.

3. Поставлены вычислительные эксперименты по расчетам на суперкомпьютере «СКИФ» несущих конструкций карьерных самосвалов БелАЗ и шахтных крепей, получены положительные результаты, работы в данном направлении продолжаются.

4. В интересах МАЗа совместно с НИРУП «Белавтотракторостроение» НАН Беларуси проведены работы по суперкомпьютерному моделированию столкновений транспортных средств с неподвижными препятствиями. Выполнена оценка пассивной безопасности водителя и пассажиров, проведены исследовательские работы по частичной замене натуральных испытаний транспортных средств виртуальным путем решения задачи моделирования деформаций и оценки жизненного пространства кабины автомобиля при ударных воздействиях в среде LS-DYNA и ряда других направлений.

Был организован режим удаленного доступа к вычислительным ресурсам суперкомпьютеров «СКИФ», заключены договоры (соглашения) о научно-техническом сотрудничестве с предоставлением доступа к ресурсам суперкомпьютерных конфигураций с рядом предприятий и организаций Беларуси для решения задач:

- Институт математики НАН Беларуси (многомерные задачи математической физики, моделирование физико-химических процессов, параллельные алгоритмы вычислительной математики);

- Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси (численные модели в области проектирования оптических и лазерных систем);

- Военная академия Республики Беларусь (оптимизация частотно-территориальных планов радиоэлектронных средств с учетом ЭМС);

- Республиканский гидрометеорологический центр (численные методы прогнозирования погоды);

- Республиканский научно-практический центр «Кардиология» (пилотный проект кардиодиагностической телемедицинской сети);

- ООО «Софтклуб», Минск (банковские информационные системы).

Определены и развиваются различные направления использования суперкомпьютеров:

- с Минским тракторным заводом – кабина трактора, трансмиссия, устойчивость работы машины на различных видах работ;
- Белорусским автозаводом – моделирование напряженно-деформированного состояния и прочность крупногабаритных корпусных сварных конструкций с учетом технологии их изготовления;
- Белорусским государственным университетом;
- Белорусским национальным техническим университетом и др.

Суперкомпьютеры семейства «СКИФ» стали базой для выполнения в 2005–2008 гг. научно-технической программы Союзного государства «Развитие и внедрение в государствах – участниках Союзного государства наукоемких компьютерных технологий на базе мультипроцессорных вычислительных систем» (шифр «ТРИАДА»).

10.3. От суперкомпьютеров к грид-технологиям

Стратегическим направлением развития суперкомпьютерных технологий является оптимизация отечественных суперкомпьютерных конфигураций семейства «СКИФ» с учетом специфики требований современных наукоемких технологий и других суперкомпьютерных приложений. Анализ современных тенденций в области высокопроизводительных вычислений показывает, что во всем мире развитие новых средств и технологий будет продолжаться ускоряющимися темпами.

В последние годы наиболее перспективным направлением организации высокопроизводительных вычислений стали грид-технологии, которые позволяют организовать доступ к мощным вычислительным ресурсам практически с любого места. Развитие данного направления было сделано в союзной программе «Разработка и использование программно-аппаратных средств грид-технологий и перспективных высокопроизводительных (суперкомпьютерных) вычислительных систем семейства “СКИФ”» (шифр «СКИФ-ГРИД»), которая выполнялась в 2007–2010 гг.

Термин «грид» (англ. *grid* – сетка, решетка) начал использоваться с середины 1990-х гг. и был выбран по аналогии с сетями передачи и распределения электроэнергии (power grids). Когда человек включает электроприбор, он не знает, откуда приходит электроэнергия. В информационных грид-технологиях, когда человек решает задачу или получает данные, он не знает, где эта задача решается или откуда он получил данные.

Развитие и внедрение грид-технологий носят стратегический характер. В ближайшей перспективе эти технологии позволяют создать принципиально новый вычислительный инструмент для развития высоких

технологий в различных сферах человеческой деятельности, в том числе в таких направлениях, как нанотехнологии, авиа- и машиностроение, космос, энергетика и др.

Идейной основой грид-технологий является объединение ресурсов путем создания компьютерной инфраструктуры нового типа, обеспечивающей глобальную интеграцию информационных и вычислительных ресурсов на основе сетевых технологий и специального программного обеспечения промежуточного уровня (между базовым и прикладным программными обеспечениями), а также набора стандартизованных служб для предоставления надежного совместного доступа к географически распределенным информационным и вычислительным ресурсам (отдельным компьютерам, кластерам, хранилищам информации и сетям).

Применение грид-технологии обеспечивает новый качественный уровень, а иногда позволяет реализовать принципиально новый подход к обработке огромных объемов экспериментальных данных, обеспечить моделирование сложнейших процессов, визуализацию больших наборов данных, сложные бизнес-приложения с большими объемами вычислений. Это технологии будущего, опережающие на 3–5 лет существующие потребности. Можно с уверенностью сказать, что грид-технологии – технологии энергетике, освоения космоса, изучения Земли, новые открытия. Они широко развиваются во всем мире, особенно в научной сфере. Создана и постоянно увеличивается общеевропейская грид-сеть. Беларусь в лице ОИПИ НАН Беларуси стала ее полноправным участником.

Главной целью программы «СКИФ-ГРИД» было освоение и адаптация передовых наукоемких технологий на перспективных суперкомпьютерных платформах, оптимизация суперкомпьютерных конфигураций семейства «СКИФ», ориентированных на построение на их основе грид-компьютерных сетей, т. е. создание новой технологической базы для повышения конкурентоспособности промышленности.

В результате выполнения программы в 2011 г. в Беларуси была создана Национальная грид-сеть – согласованная, открытая, стандартизированная сервисная среда, объединяющая с использованием промежуточного программного обеспечения gLite и/или Unicosre специально выделенные суперкомпьютерные и другие вычислительные ресурсы и ресурсы хранения научных организаций и высших учебных заведений Беларуси, которая обеспечивает гибкое, безопасное, скоординированное использование ресурсов для решения актуальных ресурсоемких задач науки, образования и экономики страны.

Формирование грид-технологий в Республике Беларусь осуществляется в рамках национальной грид-инициативы. Полноценное развитие началось с момента выполнения программы Союзного государства «СКИФ-

ГРИД» и участия в проекте 7-рамочной программы Европейского союза Balticgrid2. Основным направлением реализации грид-инициативы является создание национальной грид-инфраструктуры, интегрированной в общеевропейскую грид-сеть, общее информационно-вычислительное научно-образовательное пространство Союзного государства с последующим объединением со странами СНГ, и в первую очередь с Украиной, Молдовой, Казахстаном, Азербайджаном, т. е. со странами, создающими национальные научно-образовательные грид-сети.

Национальная грид-инфраструктура формировалась по трем направлениям [1]:

- сегмент грид-сети, интегрированный в европейскую грид-инфраструктуру EGI;
- сегмент грид-сети, интегрированный в общее информационно-вычислительное научно-образовательное пространство с Российской Федерацией;
- корпоративные грид-сети определенной тематической направленности.

Для создания сегмента грид-сети, интегрированного в европейскую грид-инфраструктуру EGI, используется программное обеспечение промежуточного уровня (ПО ПУ) gLite, а для сегмента грид-сети, интегрированного в общее информационно-вычислительное научно-образовательное пространство с Российской Федерацией, – Unicore.

Имеющееся прикладное программное обеспечение позволяет решать следующие задачи: нелинейная динамика; тепловые процессы и явления; разрушения и взрывы; образование и развитие трещин; контактная механика; квазистатика; произвольное лагранж-эйлерово поведение; акустика в реальном масштабе времени; междисциплинарный анализ: прочность, теплофизика, акустика; гидрогазодинамика; электромагнетизм совместно с расчетом усталостных характеристик и процедурами оптимизации; квантовая химия, молекулярная динамика; обработка и анализ изображений; белковые структуры и их мутации и др.

Основные пользователи ресурсов грид-сети:

а) учреждения и организации НАН Беларуси: ОИПИ НАН Беларуси, Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Институт математики НАН Беларуси, Физико-технический институт НАН Беларуси, Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси, Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси;

б) учреждения образования: БГУ, БНТУ, БГУИР;

в) учреждения и организации Министерства обороны: Военная академия Республики Беларусь, НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь;

г) Комитет государственной безопасности Республики Беларусь;

д) учреждения и организации Министерства здравоохранения: Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии, УЗ «2-й городской противотуберкулезный диспансер» и Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова.

Развитие суперкомпьютерного направления в Республике Беларусь позволило получить следующие эффекты:

а) экономический:

- поставки суперкомпьютерной техники и программного обеспечения собственного производства на предприятия Беларуси и России;
- сокращение средств на импорт аппаратных средств параллельных высокопроизводительных вычислений;
- сокращение средств на закупку программного обеспечения для организации параллельных высокопроизводительных вычислений (годовые потребности Беларуси и России оцениваются в несколько миллионов долларов);
- экспортные возможности поставок собственных аппаратных и программных средств для организации параллельных высокопроизводительных вычислений в развивающиеся страны, которые испытывают большой интерес к обладанию суперкомпьютерными технологиями, и ограничения в доступе к таким технологиям со стороны высокоразвитых стран;

б) социальный:

- поддержка собственных разработчиков аппаратных и программных средств для параллельных высокопроизводительных вычислений;
- создание рабочих мест в наукоемких отраслях, сдерживание «утечки мозгов», подготовка и переподготовка кадров для суперкомпьютерной отрасли;

в) политический:

- обладание критической технологией;
- уменьшение зависимости Беларуси от внешних поставок суперкомпьютерного оборудования и программного обеспечения;
- повышение престижа стран как разработчиков суперкомпьютерных технологий;

г) технологический:

- развитие аппаратных и программных средств для параллельных высокопроизводительных вычислений и средств автоматизации параллельных вычислений приведет к высокой доступности суперкомпьютеров для предприятий стран Беларуси и России, облегчению реализации параллельных программ, расширению использования суперкомпьютерных технологий в различных областях науки, техники и промышленности. Это позволит осуществить технологический прорыв в этих важнейших направ-

лениях, что вызовет дополнительные (вторичные, косвенные) экономические, политические и социальные эффекты.

С направлением суперкомпьютеров самым тесным образом связаны такие наукоемкие секторы промышленности, как микроэлектроника, оптическое приборостроение, точная механика, средства отображения информации, коммуникационная техника, производство программных продуктов и др. Именно в этих секторах Республика Беларусь сохраняет значительный научно-технический потенциал, поддерживаемый необходимыми фундаментальными и прикладными исследованиями, целевое использование которого позволяет в сравнительно короткие сроки при относительно небольших затратах выйти на собственный альтернативный, практически независимый от Запада путь развития отечественной конкурентоспособной высокопроизводительной вычислительной техники, уровень которой будет соответствовать прогнозируемым требованиям со стороны широкой категории конечных пользователей и способствовать форсированному технологическому перевооружению ключевых отраслей промышленности, их реформированию с целью достижения мирового уровня качества продукции на базе новейших наукоемких информационных технологий.

Глава 11

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ И НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ

- 11.1. Возникновение сети Интернет и этапы ее развития.
- 11.2. Структура и основные возможности, предоставляемые сетью Интернет.
- 11.3. Создание Всемирной паутины WWW.
- 11.4. Примеры необычного использования компьютеров.
- 11.5. Планшетные компьютеры и некоторые возможности их использования.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [18, 19, 22, 26, 27, 35, 40, 44, 49].

11.1. Возникновение сети Интернет и этапы ее развития

В настоящее время наиболее удобным способом получения и передачи разнообразной информации является сеть Интернет.

Интернет представляет собой всемирную информационную компьютерную сеть, которая объединяет в единое целое множество компьютерных сетей, работающих по общим правилам.

История Интернета началась в конце 1950-х гг., когда 4 октября 1957 г. СССР запустил первый искусственный спутник Земли, что было показателем приоритета СССР в освоении космоса. С целью ускорить собственные разработки Министерство обороны США в 1958 г. создало Агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам – ARPA (впоследствии DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency). Эту организацию интересовал вопрос, можно ли соединять расположенные в разных местах компьютеры с помощью телефонных линий. В октябре 1962 г. Дж. К. Р. Ликлайдер (выдающийся американский ученый, работавший в области информационных технологий) стал первым руководителем этого исследовательского компьютерного проекта.

Днем рождения Интернета считается **2 января 1969 г.** В это время начались исследования, направленные на связь компьютеров оборонных организаций, в результате чего была создана сеть APRANET, на основе принципов построения которой в дальнейшем был создан Интернет.

В 1964 г. группа сотрудников американского стратегического исследовательского центра RAND (англ. *research and development* – исследование и разработка) опубликовала статью, посвященную разработке сетей с пакетной коммутацией для надежных голосовых коммуникаций в военных системах. Оказалось, что работы в центре RAND (1962–1965), а также в Массачусетском технологическом институте (Massachusetts Institute of Technology, MIT; 1961–1967) и Национальных физических лабораториях (National Physical Laboratories, NPL; 1964–1967) велись параллельно при полном отсутствии информации о деятельности друг друга. Разговор О. Робертса с сотрудниками NPL привел к заимствованию слова «пакет» и решению увеличить предлагаемую скорость передачи по каналам проектируемой сети ARPANET с 2,4 до 50 Кб/с.

В конце 1966 г. Робертс начал работать в DARPA над концепцией компьютерной сети. Довольно быстро появился план ARPANET, опубликованный в 1967 г. На конференции, где Робертс представлял свою статью, был сделан еще один доклад о концепции пакетной сети. Его авторами были английские ученые Д. Дэвис и Р. Скентльбьюри из NPL. Скентльбьюри рассказал Робертсу о работах, выполнявшихся в NPL, а также о работах П. Бэрена и его коллег из центра RAND, являющегося американской некоммерческой организацией, занимающейся, как было указано, стратегическими исследованиями и разработками.

В августе 1968 г., после того как Робертс и организации, финансируемые из бюджета DARPA, доработали общую структуру и спецификации ARPANET, DARPA выпустило запрос на расценки – запрос котировки (Request For Quotation, RFQ), организовав открытый конкурс на разработку одного из ключевых компонентов – коммутатора пакетов, получив-

шего название «интерфейсный процессор сообщений» (Interface Message Processor, IMP).

В декабре 1968 г. конкурс выиграла группа во главе с Ф. Хартом из компании Bolt-Beranek-Newman (BBN).

После этого команда из BBN работала над интерфейсными процессорами сообщений, Р. Кан принимал активное участие в проработке архитектуры ARPANET, Робертс совместно с Х. Фрэнком и его группой из Network Analysis Corporation проектировал и оптимизировал топологию и экономические аспекты сети. Группа Л. Клейнрока из Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (University of California, Los Angeles, UCLA) готовила систему измерения характеристик сети. Другими активными участниками проекта были В. Серф, С. Крокер и Д. Постел. Позднее к ним присоединились Д. Крокер, которому суждено было сыграть важную роль в документировании протоколов электронной почты, и Р. Брейден, выполнивший первые реализации сетевого протокола (Network Control Protocol, NCP) и протокола управления передачей (Transmission Control Protocol, TCP) для мейнфреймов IBM и внесший впоследствии существенный вклад в работу групп Совета по конфигурационному управлению Интернетом (Internet Configuration Control Board, ICCB) и Совета по архитектуре Интернета (Internet Architecture [ранее – Activities] Board, IAB).

Благодаря тому, что Клейнрок уже в течение нескольких лет был известен как автор теории пакетной коммутации и специалист по анализу, проектированию и измерениям, его Сетевой измерительный центр в UCLA был выбран в качестве первого узла ARPANET.

Тогда же, в сентябре 1969 г., компания BBN установила в Калифорнийском университете первый интерфейсный процессор сообщений и подключила к нему первый компьютер. Второй узел был образован на базе проекта Д. Энгельбарта «Наращивание человеческого интеллекта» в Стэнфордском исследовательском институте (Stanford Research Institute, SRI). (Следует отметить, что частью проекта Энгельбарта была ранняя гипертекстовая система – oN-Line System (NLS).)

В SRI организовали Сетевой информационный центр, который возглавила Э. Фейнлер. В функции центра входило поддержание таблиц соответствия между именами и адресами компьютеров, а также обслуживание каталога запросов на комментарии и предложения – запроса комментариев (Request For Comments, RFC).

Таким образом, к концу 1969 г. в системы были объединены четыре компьютера: UCLA – Центр испытаний сети, SRI, университет Санта-Барбары и университет Юты. Через год их стало уже пятнадцать. Они использовались для обмена пакетами протокол NCP и были объединены в первоначальную конфигурацию ARPANET – первый росток Интернета. Следует отметить, что уже на этой ранней стадии велись исследования как по сетевой инфраструктуре, так и по сетевым приложениям.

Цель ARPANET состояла в том, чтобы дать возможность подрядчикам, университетам и сотрудникам Министерства обороны, участвующим в исследованиях и разработках оборонного характера, поддерживать связь по компьютерным сетям и совместно использовать вычислительные ресурсы немногих на то время мощных компьютеров, которые находились в разных географических точках.

В последующие годы число компьютеров, подключенных к ARPANET, быстро росло. Одновременно велись работы по созданию функционально полного протокола межкомпьютерного взаимодействия и другого сетевого программного обеспечения.

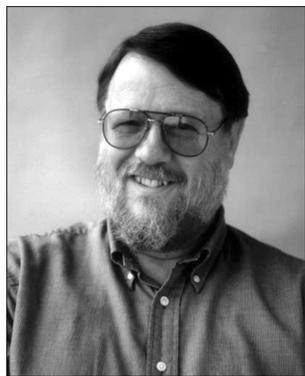
В декабре 1970 г. Сетевая рабочая группа (Network Working Group, NWG) под руководством С. Крокера завершила работу над первой версией протокола NCP.

После того, как в 1971–1972 гг. были выполнены работы по реализации NCP на узлах ARPANET, пользователи сети наконец смогли приступить к разработке приложений.

В октябре 1972 г. Р. Кан организовал большую, весьма успешную демонстрацию на Международной конференции по компьютерным коммуникациям (International Computer Communication Conference, ICC3). Это был первый показ на публике новой сетевой технологии.

Также в 1972 г. появилось первое «горячее» приложение — электронная почта. В марте **Рэй Томлинсон** (1937 г. р.) из BBN, движимый необходимостью создания для разработчиков ARPANET простых средств координации, написал базовые программы пересылки и чтения электронных сообщений.

Позже Робертс добавил к этим программам возможности выдачи списка сообщений, выборочного чтения, сохранения в файле, пересылки и подготовки ответа. С тех пор более чем на десять лет электронная почта



Р. Томлинсон

стала крупнейшим сетевым приложением. Для своего времени электронная почта была тем же, чем в наши дни является Всемирная паутина, — исключительно мощным катализатором роста всех видов межперсональных потоков данных.

В 1975 г. экспериментальную сеть объявили рабочей, ответственность за которую была возложена на Агентство оборонной связи США (Defense Communication Agency, DCA). Одновременно специалисты занялись разработкой основ TCP/IP (IP — Internet Protocol).

Столь перспективные и интересные разработки привлекали внимание различных исследователей. DARPA систематически собирало

неформальные встречи с ними для обмена идеями и обсуждения результатов экспериментов.

С 1979 г. в проект TCP/IP включилось так много исследователей, что DARPA образовало неформальный комитет для координации и управления разработкой протоколов и архитектур развивающегося объединенного Интернета.

В 1983 г. протоколы TCP/IP были приняты в качестве военных стандартов США (MIL STD), после чего от всех хостов (компьютеров), подключенных к APRANET, требовали работать только с данными протоколами.

Одновременно стал распространяться термин Internet. В то время APRANET была разделена на две отдельные сети: MILNET (Военная сеть) – несекретную часть Оборонной сети передачи данных (Defense Data Network, DDN) – и новую (уменьшенных размеров) APRANET. Термин Internet употребляли тогда, когда имели в виду сразу обе сети.

ARPANET стала прообразом современного Интернета.

В 1984 г. была разработана система DNS.

В том же году у сети ARPANET появился серьезный соперник: Национальный научный фонд США (National Science Foundation, NSF) основал обширную межуниверситетскую сеть NSFNet (National Science Foundation Network), которая была составлена из более мелких сетей (включая известные тогда сети Usenet и Bitnet) и имела гораздо большую пропускную способность, чем ARPANET. К этой сети за год подключились около 10 тыс. компьютеров. Название Internet начало плавно переходить в NSFNet [8].

В 1985 г. под эгидой NSF на основе технологии ARPANET была создана сеть NSFNET (the National Science Foundation NETwork – Сеть Национального научного фонда), в работе над которой приняли непосредственное участие NASA и Министерство энергетики. Было соединено шесть крупных научно-исследовательских центров, оснащенных новейшими суперкомпьютерами и расположенных в разных регионах США.

Основной целью создания этой сети было предоставление доступа к вычислительным ресурсам фонда (суперкомпьютерам) исследователям различных университетов США. Фонд поставил задачу, чтобы каждый ученый, инженер в США оказался «подключен» к единой сети, а потому приступил к созданию сети с более быстрыми каналами, которая бы объединила многочисленные региональные и локальные сети. Это была первая инициатива, направленная на то, чтобы обеспечить широчайшему спектру научных организаций качественное и надежное соединение с Интернетом, и сеть NSFNET получила название Internet backbone (слово *backbone* означает «хребет», но в области телекоммуникаций наиболее распространенный вариант перевода – «опорная сеть»).

Получившаяся сеть, известная как объединенный Интернет (Интернет DARPA/NSF, Интернет TCP/IP или просто Интернет), позволила исследователям связанных институтов разделять информацию с коллегами по всей стране так же легко, как если бы они были в соседней комнате.

Важность создания NSFNET трудно переоценить. До появления первой опорной сети Интернет больше всего напоминал лоскутное одеяло, состоящее из специализированных сетей, соединенных между собой в самых неожиданных местах. Инициатива NSF не предусматривала каких-либо функций, кроме транспортных, ее целью было исключительно объединение разрозненных сегментов в единое целое. Результат был мгновенным: именно в 1985 г. резко увеличилось количество подключенных к сети организаций. К этому времени основная цель опорной сети NSF состояла в том, чтобы обеспечить связь между растущими региональными сетями, созданными различными университетскими системами. С 1983 г. термин «Интернет» начал употребляться для обозначения концепции взаимно коммутируемых сетей.

В 1988 г. был разработан протокол Internet Relay Chat (IRC), благодаря которому общение в Интернете стало возможно в режиме реального времени (чат).

В 1989 г. в стенах Европейского совета по ядерным исследованиям (ЦЕРН) родилась концепция Всемирной паутины. Ее предложил знаменитый британский ученый **Тим Бернерс-Ли** (1955 г. р.), он же в течение двух лет разработал протокол HTTP, язык HTML и идентификаторы URI.

Т. Бернерс-Ли родился в Лондоне в семье математиков. Его родители познакомились, работая вместе над проектом Ferranti Mark-1 – первым коммерческим компьютером. Игрушками Тима были перфорированные бумажные ленты и картонные коробки, из которых он строил собственную модель компьютера.



Т. Бернерс-Ли

В 1990 г. сеть ARPANET прекратила свое существование, полностью проиграв конкуренцию NSFNET. В том же году было зафиксировано первое подключение к Интернету по телефонной линии (так называемый «дозвон», англ. *dial-up access*).

В 1991 г. Всемирная паутина набрала популярность и стала общедоступной в Интернете, а в 1993 г. появился знаменитый веб-браузер NCSA Mosaic.

Именно сочетание веб-протокола от Т. Бернерса-Ли, который обеспечивал коммуника-

цию, и браузера (Mosaic) от М. Андрессена, который предоставил функционально совершенный пользовательский интерфейс, создало условия для наблюдаемого взрыва (интереса к Web). За первые 24 месяца, истекшие после появления браузера Mosaic, Web прошел стадию от полной неизвестности (за пределами считанного числа людей внутри узкой группы ученых и специалистов лишь одного малоизвестного профиля деятельности) до абсолютной распространенности.

В мае 1993 г. NSF радикальным образом изменил архитектуру Интернета, поскольку правительство не хотело больше работать с системами опорной сети. Вместо нее NSF выделил ряд «точек доступа в сеть» (Network Access Protection, NAP), в которых могли бы взаимодействовать друг с другом частные коммерческие опорные сети. В 1994 г. NSF объявил о строительстве четырех NAP в Сан-Франциско, Нью-Йорке, Чикаго и Вашингтоне (округ Колумбия). Заказ NSF на четыре точки доступа в сеть был выполнен Ameritech, PacBell, Sprint и MFS Datanet. Дополнительная точка доступа, известная под названием MAE-West, была создана MFS Datanet на Западном побережье.

Опорная сеть NSFNET была практически закрыта, а архитектура NAP превратилась в Интернет.

Настоящий «расцвет» Интернета произошел с созданием World Wide Web (WWW) – Всемирной паутины, основанной на технологии гипертекстовых документов, позволяющей пользователям Интернета иметь удобный доступ к любой информации, находящейся в глобальной сети.

В 1995 г. NSFNET вернулась к роли исследовательской сети, маршрутизацией всего трафика Интернета теперь занимались сетевые провайдеры, а не суперкомпьютеры NSF.

В том же году Всемирная паутина стала основным поставщиком информации в Интернете, обогнав по трафику протокол пересылки файлов FTP. Был образован Консорциум Всемирной паутины (W3C). Можно сказать, что Всемирная паутина преобразила Интернет и создала его современный облик.

С 1996 г. Всемирная паутина почти полностью подменяет собой понятие «Интернет».

В настоящее время подключиться к Интернету можно через спутники связи, радиоканалы, кабельное телевидение, телефон, сотовую связь, специальные оптико-волоконные линии или электропровода. Всемирная сеть стала неотъемлемой частью жизни в развитых и развивающихся странах.

Интернет – некоммерческая организация и никому не принадлежит. Поддерживается коммуникационными линиями на основе оптоволоконных, радиорелейных, спутниковых, телефонных связей. Телефонные связи не совершенны, так как они являются аналоговыми, а не цифровыми, поэтому передача информации замедлена. Оптоволоконные линии связи



Ж. И. Алферов

современны и обладают высокой скоростью передачи информации. Здесь в качестве носителя применяется световой сигнал, такие линии практически не имеют ограничений по информационной емкости.

Одним из создателей волоконно-оптических каналов связи стал лауреат Нобелевской премии по физике за 2000 г. директор Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе, вице-президент РАН, академик **Жорес Иванович Алферов** (1930 г. р.).

Он разделил премию с двумя коллегами из США – Г. Кремером из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре и Дж. С. Килби из фирмы Texas Instruments в Далласе. Ученые удостоены награды за исследование и разработку опто- и микроэлектронных элементов, на основе которых создаются современные электронные устройства и информационные технологии. Фундаментальные работы лауреатов сделали принципиально возможным создание волоконно-оптических каналов связи, в том числе Интернета, лазерных диодов, широко используемых в проигрывателях CD, быстродействующих транзисторов, применяемых в спутниковой связи и мобильных телефонах.

Ж. И. Алферов родился в Витебской области. Окончил минскую школу с золотой медалью и после первого курса Белорусского политехнического института уехал в 1948 г. в Ленинград. С отличием окончил Ленинградский электротехнический институт им. В. И. Ульянова (Ленина) и более полувека проработал в знаменитом Московском физико-техническом институте. Во время работы он очень быстро дополнил свое инженерно-техническое образование физическим и стал высококлассным специалистом по квантовой физике полупроводниковых приборов.

К 1970 г., когда американцами были созданы первые волокна с малыми потерями, в лаборатории Ж. Алферова впервые в мире уже появились полупроводниковые лазеры на основе полупроводниковых гетероструктур, работающие в непрерывном режиме при комнатной температуре. В итоге возникла волоконно-оптическая связь. Как известно, оптические методы передачи и обработки информации оказались весьма привлекательными благодаря значительно большей плотности информации в единице объема, помехозащищенности, высокой скорости записи и обработки.

Если учитывать главную особенность Интернета, заключающуюся в предоставлении информационных услуг, становится очевидным, что

в будущем образование не сможет обойтись без этого поистине гениального изобретения современности.

Этапы развития сети Интернет

1945–1960 гг. — Теоретические работы по интерактивному взаимодействию человека с машиной, появление первых интерактивных устройств и вычислительных машин, на которых реализован режим разделения времени.

1961–1970 гг. — Разработка технических принципов коммутации пакетов, ввод в действие ARPANET.

1971–1980 гг. — Число узлов ARPANET возросло до нескольких десятков, проложены специальные кабельные линии, соединяющие некоторые узлы, начинает функционировать электронная почта, о результатах работ ученые докладывают на международных научных конференциях.

1971 г. — Написана первая программа для электронной почты.

В октябре главный инженер американской компании BBN Technologies Р. Томлинсон отправил с одного компьютера на другой послание с незамысловатым содержанием «QWERTYUIOP» (набор клавиш верхней строки стандартной клавиатуры). Письмо дошло и, таким образом, открыло новую главу в истории человеческого общения.

Примечательно, что С. Морзе, придумавший телеграфную азбуку, придал первому сообщению высший смысл, пробив цитату из Библии.

Концепция виртуальной машины была впервые реализована на компьютерах семейства IBM-370.

Появился протокол Telnet. Через год началась разработка TCP и закончилась разработка FTP.

1972 г. — Р. Томлинсон стал использовать символ @, без которого в наши дни невозможно представить себе ни одного электронного письма.

В английском языке нет слова для обозначения символа @. В русском он называется «собакой», в Германии — «висящей обезьяной», в Греции — «маленькой уткой», в Дании — «хоботом слона».

Впервые он появился в латинских рукописях XIV–XV вв. Монахи экономили дорогостоящий пергамент и придумывали сокращения для часто встречающихся слов. Для предлога *ad* («на») они слили «*a*» и «*d*» и получили символ @. Позже он обозначал цену товара, а в 1972 г. Р. Томлинсон стал использовать его для указания адреса почтового ящика.

1973 г. — Первая международная связь по электронной почте между Англией и Норвегией.

Возникновение Ethernet произошло во многом благодаря разработкам Р. Меткалфа в лаборатории Xerox PARC. Незадолго до того инженеры создали первый лазерный принтер, и, чтобы дать возможность печатать

на нем всем работникам лаборатории, потребовалось объединить сотни компьютеров в сеть.

Необходимо упомянуть о законе Меткалфа, согласно которому мощность сети пропорциональна квадрату числа подключенных к ней узлов или, в другой интерпретации, ценность сети возрастает пропорционально квадрату числа ее пользователей.

1980 г. — Б. Гейтс сделал еще один шаг к мировому господству. В июле он встретился с представителями IBM, которым была нужна операционная система для нового персонального компьютера. Он дал несколько ценных советов (например, как замечательно было бы для IBM, если бы та купила очередную версию Basic). Поскольку своих операционных систем у Microsoft не было, Гейтс купил у компании Seattle Computer Products за 50 тыс. долл. QDOS, созданную Т. Патерсоном по образцу CP/M, а также договорился с IBM о возможности распространения переименованной MS-DOS отдельно от компьютеров IBM.

Кроме этих событий в 1980 г. был создан первый 64-килобитный модуль DRAM, вышло три 32-битных процессора (Motorola-68000, Intel-80186, NS-16000) и появилась первая настольная система управления базами данных Dbase II.

1982 г. — Стараниями Sony появляются звуковые компакт-диски.

Журнал «Time» назвал компьютер «человеком года». Примерно в это же время появляется термин Internet.

1983 г. — Событие года: канадская компания Windmill Software выпустила игру Digger, сводящую с ума людей всех возрастов.

1986 г. — Благодаря Apple на клавиатуре появились клавиши управления курсором (до того обходились без них) и отдельный блок с цифровыми клавишами.

1981–1990 гг. — Министерство обороны США решило построить собственную сеть на основе ARPANET. Произошло разделение на ARPANET и MILNET, была введена система DNS, число хостов достигло 100 000.

1988 г. — Появление первого вируса — «червя», поражающего почту.

1990 г. — В мире насчитывается уже около ста миллионов компьютеров, причем на тридцати миллионах из них установлена MS-DOS. Очень неплохо расходуется Windows 3.0: за год продано 3 млн экземпляров.

Вышел стандарт, содержащий перечень минимальных требований для работы с мультимедийной информацией. Первый компьютер, отвечающий этим требованиям, появился только два года спустя.

1992 г. — Вышел первый номер еженедельного журнала «Компьютер».

1991–1999 гг. — Начало периода новейшей истории, который продолжается до настоящего времени.

11.2. Структура и основные возможности, предоставляемые сетью Интернет

Высокая надежность Интернета обеспечивается тем, что в сети нет единого центра управления. Если выходят из строя некоторые линии связи или компьютеры, то сообщения могут быть переданы по другим линиям.

Интернет-пользователи подключаются к сети через компьютеры специальных организаций, которые называются поставщиками услуг или *провайдер*ами. Часто мелкие поставщики подключены к более крупным. Все организации, соединенные друг с другом самыми скоростными линиями связи, образуют базовую сеть, или *хребет Интернета*, здесь скорость передачи по сети максимальная. Компьютеры, подключенные к сети, называются *узлами Интернета* или *серверами*.

В Интернете есть два наиболее часто встречающихся понятия: адрес и протокол. Свой уникальный *адрес* имеет каждый компьютер, подключенный к Интернету, даже при временном подключении к коммутируемому каналу. *Протокол* — правила взаимодействия между компьютерами, позволяющие разнотипным компьютерам, работающим под управлением различных операционных систем, «говорить на одном языке». Протоколы построены по многоуровневому принципу, т. е. имеется несколько уровней протоколов, которые взаимодействуют друг с другом; на нижнем уровне существует два основных (для передачи небольших порций информации): IP и TCP. Часто говорят, что в Интернете базовым является протокол TCP/IP, все остальные протоколы строятся на их основе.

Принцип работы протокола TCP: протокол разбивает информацию на порции и нумерует их, чтобы при получении их можно было правильно собрать (по аналогии со срубом дома, бревна при разборке нумеруют). Далее с помощью протокола IP все части передаются получателю, где с помощью TCP проверяется, все ли части дошли. Поскольку отдельные части могут путешествовать по Интернету самыми разными путями, то порядок приема может быть нарушен. После получения частей TCP располагает их в нужном порядке и собирает в единое целое. К каждой части информации протокол IP добавляет служебные данные с адресом отправителя и получателя.

Напомним основные возможности, предоставляемые сетью Интернет.

1. **Сервис Telnet**, позволяющий превратить ваш компьютер в удаленный терминал другого компьютера (эмуляция удаленного терминала). Все, что набирается на клавиатуре вашего компьютера, передается удаленному компьютеру, а получаемые результаты поступают обратно и выводятся на ваш монитор. В качестве удаленных терминалов чаще всего используются компьютеры с операционной системой Unix, поэтому требуется знание основ работы с этой системой. Однако многие информационные

системы сегодня доступны из Всемирной паутины, поэтому Telnet потерял актуальность.

2. **Электронная почта**, или e-mail, — один из самых распространенных и дешевых средств передачи информации. Принцип ее работы таков: с помощью специальной программы готовится письмо и кладется в папку для исходящих посланий. Так можно подготовить любое количество писем. После этого вы соединяетесь с почтовым отделением, которое располагается на компьютере поставщика услуг Интернета, и обмениваетесь почтой (вы пересылаете подготовленные письма, а получаете пришедшую на ваш адрес корреспонденцию, которая помещается в папку для входящей почты). Почтовые пересылки происходят с помощью протоколов UUCP (программа копирования с Unix на Unix), SMTP (простой протокол пересылки почты), POP3 (протокол почтового офиса).

3. В Интернете очень популярны **группы новостей USENET**. Их иногда называют *телеконференциями* или *электронными досками объявлений*. Эта служба работает примерно так же, как и электронная почта, но получаемые письма доступны для общего обозрения. Для удобства дискуссии образованы различные группы, участники которых посылают и принимают сообщения по определенной тематике. Группы новостей позволяют обмениваться мнениями с единомышленниками, живущими в любой точке земного шара.

4. Интернет является крупнейшим **хранилищем файлов в мире**. Сервис FTP (протокол передачи файлов) позволяет получать и передавать файлы. Этот сервис остается одним из основных способов распространения бесплатных программ и игр.

5. Весьма популярен сервис WWW (Всемирная паутина), в основу которой положено понятие **гипертекста**, т. е. множества отдельных текстов, имеющих ссылки друг на друга. Для работы со Всемирной паутиной используется протокол HTTP (протокол передачи гипертекста). Гипертекстовые документы создаются с помощью специального языка HTML (язык разметки гипертекста). Документ во Всемирной паутине, составленный на HTML и доступный для просмотра, называется Web-страницей.

6. Во Всемирной паутине работает **ряд поисковых систем**, которые облегчают задачу нахождения нужной информации: Yahoo, Alta Vista, Hot Bot, Rambler (русскоязычная система поиска). Количество поисковых систем постоянно растет. Процесс поиска обычно основан на следующем: 1) задаются ключевые слова, характерные для искомой информации; 2) система, последовательно уточняя области поиска, осуществляет его среди всех узлов Интернета.

7. В Интернете используется система Chat, которая позволяет организовать **непосредственное общение пользователей в режиме реального времени**.

11.3. Создание Всемирной паутины WWW

Сегодня трудно представить вещь более реальную и в то же время абстрактную, чем World Wide Web. Что это: концепция, технология, язык или синоним Интернета? По сути, и то, и другое, и третье, и четвертое. Приблизительно WWW можно определить как концепцию и технологию передачи и хранения информации в Сети посредством языка разметки гипертекста (HTML). WWW никому не принадлежит, полностью децентрализована и общедоступна. Миф о «нерукотворности» Web сидит в каждом пользователе, но и он отчасти создан ее изобретателем. Т. Бернерса-Ли иногда называют отцом Интернета, но, по его собственным словам, он только усовершенствовал общение человека с Сетью. Сеть — лишь километры телефонных проводов, соединяющих серверы по всему миру, а Web — способ использования материальной сети. Именно этот способ в 1990 г. изобрел, реализовал технически и назвал World Wide Web Т. Бернерс-Ли.

Обеспечить взаимодействие человека и гипертекста на таком интуитивном уровне, чтобы информационное поле, создаваемое машиной, могло в точности воспроизводить работу человеческого сознания, и было конечной целью Web. Практические работы по проекту WWW начались в конце 1990 г., программные средства стали доступны сотрудникам Женевской лаборатории в декабре. В рамках проекта WWW Т. Бернерс-Ли в 1990 г. разработал первую версию HTML — языка разметки гипертекста, сыгравшего огромную роль в распространении Паутины. Основой нового языка послужил SGML — метаязык, или язык для разработки других языков. Формат HTML должен был стать гарантом универсальности, однако первоначально документы HTML могли быть показаны лишь на операционной системе NeXT. Это противоречило одному из главных постулатов Web — технологической независимости, поэтому в 1991 г. Т. Бернерс-Ли пересмотрел коды для создания системы, не зависящей от языковой платформы. Проблема технологической независимости в общих чертах была решена. Оставалось сделать Паутину общедоступной.

17 мая 1991 г. фактически был дан старт широкому использованию WWW. В этот день состоялся официальный запуск системы WWW на центральных машинах CERN. Через два месяца система попала в Сеть, где был открыт первый Web-сервер — info.cern.ch (сейчас www.w3.org), содержащий спецификации URI, HTML и HTTP. Т. Бернерс-Ли и его коллега Р. Кэлью стремились к тому, чтобы число клиентов Web постоянно росло. Каково же было их удивление, когда обнаружилось, что научное и компьютерное сообщества с радостью готовы развивать новую отрасль.

В 1995 г. Бернерс-Ли стал лауреатом премии Фонда Килби за изобретение WWW. В том же году он разделил премию Association for Computing

Machinery (АСМ) в номинации программных систем с несколькими учеными и предпринимателями. И вот теперь его признали гением. 1 июня 1998 г. Т. Бернерс-Ли стал одним из 29 лауреатов, награжденных грантами для гениев (genius grants), — так называют премии, учрежденные Фондом Джона и Катерины Мак-Артуров, — за создание «революционной системы коммуникаций, требующей минимального понимания технических проблем» [43].

II.4. Примеры необычного использования компьютеров

Благодаря огромным успехам электроники компьютеры проделали такой большой путь в своем техническом совершенствовании и масштабах влияния на человеческое общество, с которым не сравнится никакое другое изобретение человека, включая космическую технику. Очень трудно перечислить все, как традиционные, так и совершенно новые, области применения компьютеров.

Рассмотрим некоторые необычные примеры использования компьютеров в жизни.

Осуществление связи пользователя с компьютером с помощью голосового терминала. Пожалуй, не было ничего удивительного в том, что Р. Мэринс прибегал к помощи компьютера, когда звонил по телефону, писал письма и разрабатывал новые программы: в начале 1980-х гг., когда Мэринс учился работать со своим компьютером Apple, подобные случаи применения ЭВМ входили в привычку. Необычными были средства ввода-вывода, которыми он пользовался. У Мэринса, пережившего автомобильную катастрофу, отнялись руки и ноги, и связь с компьютером, а через него и со всем миром, он осуществлял голосом.

В 1977 г. в возрасте 17 лет Мэринс попал под колеса грузовика. Вскоре после катастрофы его старший брат Гэри, радиоинженер, начал конструировать электронные приспособления, которые помогли бы Р. Мэринсу в меньшей степени зависеть от окружающих. Первое из таких приспособлений по свистку управляло телевизором и телефоном. В 1980 г., полный решимости снабдить Роба более удобными средствами и заинтересованный рекламными проспектами фирмы Apple, создающей «компьютеры для всех и для каждого», Гэри написал в компанию, и группа ее инженеров вылезлась разработать для Роба специальную систему на основе компьютера Apple II Plus. Устройство ввода этой машины состояло из микрофона, соединенного с очень сложным аппаратом — так называемым *голосовым терминалом*. Этот небольшой аппарат, состоящий из аналого-цифрового преобразователя и микрокомпьютера, стал как бы частью самого Роба. Терминал

разбивал слова Роба на звуки, а затем сопоставлял их сочетания с хранившимися в его памяти представлениями примерно 200 голосовых команд. (Эти представления в памяти машины Роб создавал, повторяя каждую команду по несколько раз.) Обнаружив соответствие, терминал посылал компьютеру последовательность инструкций, в результате чего выполнялись команды Роба. В устройства вывода входили электронный синтезатор речи, с помощью которого компьютер отвечал Робу, а также контроллеры, приводившие в действие ряд других устройств и механизмов. Ядром системы был персональный компьютер «Хэл», названный так в честь говорящего компьютера из научно-фантастического романа А. Кларка «2001: Космическая одиссея» и одноименного фильма.

Примерно через три года Гэри заменил Apple II Plus на более мощный персональный компьютер IBM XT, который выполнял команды Роба почти вдвое быстрее. Вместо старого голосового терминала Гэри установил более совершенную модель, и словарь «Хэла» вырос до 800 слов. Новая система позволяла Робу регулировать температуру в кровати, комнате и даже аквариуме, управлять электрическим освещением комнаты, говорить по домашней системе связи и включать аварийный электрогенератор. У Роба появилась возможность диктовать письма, играть в видеоигры и даже писать программы для больших машин, связываясь с компьютерной сетью Университета Карнеги-Меллон в Питтсбурге. А ночью, не желая беспокоить своих домочадцев, Роб приказывал машине «сменить тон», т. е. перейти на шепот.

Моделирование работы мышц человека с помощью компьютера. В начале 1970-х гг. Д. Петровски, специалист по физиологии и медицинской биофизике из Университета штата Миссури, изучал способы стимуляции и управления работой парализованных мышц. Сама по себе стимуляция мышечных движений не вызывала серьезных затруднений — еще в XVIII в. итальянский естествоиспытатель Л. Гальвани продемонстрировал, как электрический заряд приводит в движение парализованную мышцу. Другое дело, как управлять этим движением: ведь даже простой сгиб ноги в колене требует сложнейшего взаимодействия мышц. Петровски сконструировал систему, состоящую из электродов и датчиков, соединенных с компьютером, который координировал посылку последовательности электрических импульсов, приводящих в движение мышцы ноги. В 1982 г. он опробовал ее на Н. Дэвис, студентке местного университета, у которой с 1978 г. в результате автомобильной аварии были парализованы нижние конечности. К основным мышцам ног пациентки было подключено около 30 электродов и датчиков. Маленький настольный компьютер управлял электродами, стимулировавшими работу тех мышц, которые позволяли Дэвис крутить педали стационарного велосипеда, восстанавливая мышечный тонус.

И хотя движения пациентки были неуклюжими и дерганными, система все же работала. Петровски заменил настольную систему весом 60 кг маленьким карманным компьютером размером с кошелек. На выпускной церемонии в университете Дэвис смогла подойти к президиуму и получить свой диплом бакалавра.

Благодаря компьютерной системе мышечной стимуляции и координации, разработанной Петровски, Н. Дэвис встала на ноги. Управляемая голосом система, которую Г. Мэринс построил для своего брата, дала возможность парализованному Р. Мэринсу общаться с окружающим миром. Многим другим людям компьютеры, оснащенные сложными устройствами ввода-вывода, позволили делать совершенно немислимые прежде вещи.

Читающая машина – изобретение для слепых. Читающие машины стали появляться в общественных библиотеках в начале 1980-х гг. Люди со слабым зрением или полной потерей его отныне не нуждались в чтецах и могли сами читать материалы, не предназначенные специально для слепых.

Читающая машина была детищем молодого инженера Р. Керцвейла, отличавшегося новаторским подходом к конструированию специализированных устройств ввода-вывода. Метод, заложенный в ее основу и позволявший машине читать практически любые печатные документы, привлек внимание Керцвейла еще в конце 1960-х гг., в период учебы в Массачусетском технологическом институте. На занятиях по информатике любознательный студент столкнулся с одной из самых трудных задач в области ИИ: как запрограммировать компьютер, чтобы он мог улавливать общность в различных версиях одного и того же объекта? Способность распознавать образы (как это называют специалисты по ИИ) дает компьютеру возможность, помимо всего прочего, узнавать и печатные буквы независимо от шрифта.

Тем не менее к началу 1975 г. действующая модель читающей машины была готова. Через год первый коммерческий образец поступил в продажу, сразу завоевав всеобщее признание: это было самое важное изобретение для слепых со времени создания (1829) Л. Брайлем специального рельефно-точечного шрифта.

Музыкальное вдохновение. Новую задачу поставил перед Керцвейлом один из первых обладателей машины, слепой рок-музыкант и певец С. Уандер. Услышав о читающей машине, Уандер посетил Керцвейла и был настолько поражен ее возможностями, что тотчас приобрел это удивительное устройство.

С. Уандер, обладающий тонким слухом, заявил, что хотел бы иметь другую машину – электронный инструмент, способный точно воспроизводить звуки фортепиано или любого другого музыкального инструмента. А в 1950-х гг. фирма American Radio Corporation (ARC) разработала синтезатор, в котором звук генерировался и видоизменялся электрическими средствами. Однако легендарной классикой музыки явились разработан-

ные в 60-х гг. XX в. синтезаторы Р. Муга. На последующее десятилетие пришелся расцвет музыкальной культуры, поскольку синтезатор Муга впервые позволил сделать то, о чем мечтали создатели «Марка-2»: записать пластинку электронной музыки. В 1968 г. молодой музыкант У. Кадлос записал серию пластинок с произведениями И. С. Баха, исполненными на электронном синтезаторе. Вскоре композиторы стали писать сочинения специально для синтезаторов Муга, которые завоевывали все большую популярность у любителей музыки.

Ввод информации глазами. Следуя за движениями глаза, устройство преобразует их в сигналы, передаваемые компьютеру. Обладая такой системой, люди, лишенные способности говорить или пользоваться клавиатурой, могут общаться с внешним миром при помощи компьютера.

Дисплей имеет шестиугольную форму. На него нанесены буквы и знаки препинания. Когда человек смотрит на дисплей и составляет слова, последовательно фокусируя зрачок на определенных буквах, датчики фиксируют изменения в направлении инфракрасного излучения, отраженного от поверхности глаза. Многим людям дисплей помогает сказать кому-то «привет».

Оркестр согласованных инструментов. Решение проблемы совместимости синтезаторов между собой и с компьютерами стало знаменательным достижением, когда фирма IBM разработала «Систему-360». Теперь, пользуясь одним синтезатором и его клавиатурой как основным инструментом и программируя другие синтезаторы так, чтобы они имитировали звучание разнообразных музыкальных инструментов, музыкант мог управлять игрой целого оркестра. Подбирая нужные программы, один музыкант мог исполнять сложные многоголосые произведения, что раньше было под силу только оркестру, играющему в студии звукозаписи.

По мнению Р. Муга, приход компьютеров в музыку предвещает глубокие перемены. Сегодня уже не новость домашние компьютерные музыкальные системы, которые заменяют людям, интересующимся музыкой, пианино и другие инструменты.

В отличие от музыки с ее математическими законами гармонии другие виды искусства, менее поддающиеся формализации, «осваивают» компьютеры труднее. Что касается изобразительного искусства, то некоторые художники-авангардисты уже начали разрабатывать приемы компьютерной графики, которая в 1970-х гг. прочно вошла в телевидение и кинематограф. Реакция на новый вид живописи была, мягко говоря, сдержанной, но в начале 1980-х гг., благодаря появлению персональных компьютеров со средствами графического ввода, компьютерная графика получила широкое распространение и перестала выглядеть чем-то необычным.

Компьютеры проникают также в искусство танца, которое, как говорят, не имеет своей «письменности».

В начале 1970-х гг. хореографы, объединив усилия со специалистами по вычислительной технике, предприняли попытку разработать систему, способную зафиксировать основные шаги и движения танца. Затем Ч. Калверт начал работать над системой, которая позволила бы вводить движения в компьютер без помощи клавиатуры. Системы подобного рода можно применять для записи танца либо в форме нотации, либо в форме мультипликации, т. е. движений фигурки на экране.

11.5. Планшетные компьютеры и некоторые возможности их использования

Популярность планшетных компьютеров с каждым днем становится все больше. Они обладают практически такими же функциями, как ноутбуки и нетбуки, только работают дольше и удобнее в использовании. Планшеты широко применяются для веб-серфинга, но хороши и для развлечений (просмотр фильмов, фотографий, прослушивание музыки, игры). Выбирают планшет с учетом его основных параметров, к которым относятся: разрешение дисплея; объем внутренней памяти; установленная операционная система; модули беспроводной связи.

Высокое разрешение позволяет, например, просматривать кино в высоком качестве. Разрешение зависит от диагонали. В 10-дюймовые модели чаще всего устанавливаются матрицы с разрешением 1024 × 768 или 1280 × 800 пикселей.

Планшеты обладают двумя типами памяти – системной и для хранения пользовательских данных. Первая применяется для работы операционной системы, ее объем колеблется от 512 Мб до 1 Гб. Чем больше объем системной памяти, тем больше приложений может быть установлено, тем быстрее будет работать устройство. Память для хранения данных может достигать объема 64 Гб и более. В ней можно хранить видео, музыку, электронные книги.

Крупный сенсорный дисплей – главная особенность любого планшетного компьютера независимо от используемой операционной системы. Планшет в первую очередь используется для чтения интернет-страниц или электронных книг. Самыми качественными экранами считаются те, которые выполнены по технологии IPS, что обеспечивает 178 градусов обзора в любой плоскости, отличную яркость и читаемость текста.

Самая важная характеристика для мобильного устройства – возможность работы вдали от сети. Большинство устройств рассчитаны примерно на восемь часов работы. Среди планшетных компьютеров наиболее распространены Apple iPad; Samsung Galaxy Tab 10.1; Asus Transformer Pad

TF300TG; ViewSonic ViewPad 10s WiFi+3G и целый ряд других, еще более современных.

С каждым днем все более широкое распространение получают приложения, которые превращают iPhone (или iPad) в необходимые аппараты для оказания всевозможной помощи в жизнедеятельности человека.

Приведем несколько примеров. Американскому кинорежиссеру Д. Вулю помог выжить при землетрясении маленький iГаджет. Приложение спасла его из-под завала после землетрясения на Гаити. Программа также подсказала ему установить напоминания, чтобы он не потерял сознание от болевого шока.

Медицинский регистратор LifeRecord – небольшое приложение для докторов и медиков, функция которого – отслеживать состояние пациентов и предоставлять врачу доступ к этой информации с помощью технологии eMR Anywhere. Доктор может выписать рецепт или счет клиенту и узнать состояние его здоровья независимо от места нахождения наблюдаемого нажатием одной кнопки. Приложение для iPhone синхронизирует все записи с программой на настольном компьютере.

«Радионяня» – важная функция для молодых родителей и очень интересная идея: использование iPhone в качестве радионяни для спящего ребенка. Приложение CodeGoo's Baby Monitor может предупредить родителей о том, что их ребенок проснулся, сделав звонок по заданному номеру. Программа фиксирует звуки и движения малыша.

Определение песен «на слух» обеспечивает приложение Shazam. Если поднести iPhone к динамику радио на 10 с, приложение не только определит звучащую песню, но и покажет альбом исполнителя и позволит купить трек в iTunes Store.

С помощью сервиса MobileMe можно вернуть украденный iPhone. Когда у К. Миллера в баре Чикаго украли iPhone, он смог на следующий день найти вора, воспользовавшись функцией «Найти мой iPhone» сервиса MobileMe.

Чтобы рассчитать концентрацию алкоголя в крови, можно воспользоваться приложениями, которые тем или иным способом определяют уровень алкоголя в крови. Одна из таких программ – iAlcohol. Она использует библиотеку алкогольных изделий и последние научные исследования, чтобы рассчитать время, когда вы снова можете сесть за руль.

Существует несколько решений (Lifeware, Crestron, JHome или Smart-Unity) для дистанционного управления домом человека. Это могут быть будильники, кофеварки, замки, светильники, кондиционеры. Некоторые программы помогают контролировать потребление электроэнергии, поэтому можно экономить на коммунальных платежах. Функция GPS в iPhone позволила также превратить iPhone в электронный спидометр

и производить замеры скорости, ускорения, высоты, расстояния и т. д. Немецкая компания xGadgets представила программу для iPhone, которая рассчитывает сразу все эти показатели. В App Store находится множество похожих приложений, но ни одно из них не предлагает такой же набор измерителей.

Глава 12

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО КАК РЕЗУЛЬТАТ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

12.1. Понятие и признаки информационного общества.

12.2. Построение информационного общества в разных странах мира.

12.3. Развитие информационного общества в Беларуси.

Для самостоятельной подготовки рекомендуем использовать источники [3, 4, 6, 8, 19–21, 25, 29, 31, 39, 44, 49].

12.1. Понятие и признаки информационного общества

В последние три-четыре десятилетия происходит активное внедрение информационных процессов во все общественные сферы (социальную, экономическую, культурную, политическую), что способствует ускорению их развития.

Известно, что *информационные технологии* (ИТ) – совокупность методов, производственных и программно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации. ИТ предназначены для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов. *Телекоммуникации* – составная часть ИТ, средства дистанционной передачи данных через компьютерные сети и современные технические средства связи.

Результаты деятельности все большего числа слоев населения зависят от информированности и способности эффективно использовать имеющуюся информацию. Возрастающие потоки информации, которые не всегда доступны широкому кругу пользователей, и в то же время увеличивающиеся потребности в использовании информации приводят к так называемому информационному кризису в обществе. Устранение этого кризиса в современных странах осуществляется с помощью нового эволюционного процесса, называемого *информатизацией*.

Информатизация общества – организованный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей и реализации прав отдельных граждан и различных организаций на формирование и использование информационных ресурсов.

Информационные ресурсы – совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации; сюда относятся отдельные документы и массивы документов, а также документы и массивы документов в информационных системах (библиотеках, архивах, фондах, банках данных и т. д.).

Бурное развитие компьютерной техники и ИТ послужило толчком для формирования общества, называемого постиндустриальным или информационным. Становление информационного общества происходит на наших глазах.

От расширенного внедрения ИТ в жизнь человека все страны мира перешли к этапу построения информационного общества. Информационное общество отличается от общества, в котором доминируют традиционная промышленность и сфера услуг, поскольку информация, знания, информационные услуги и все отрасли, связанные с их производством (телекоммуникационная, компьютерная, телевизионная), растут более быстрыми темпами, становятся доминирующими в экономическом развитии и способствуют образованию новых рабочих мест.

Развитие информационного общества во всех странах признано социально важным процессом, что обусловлено информированностью общества о данном процессе, признанием его как глобального фактора экономического и социального развития, средством повышения социальной мобильности населения.

В научной литературе существует большое количество различных определений понятия «информационное общество», предложенных как зарубежными, так и отечественными учеными. Детальный анализ данных определений не является нашей задачей. Отметим только классификацию определений, проведенную белорусскими учеными. Некоторые авторы (например, Е. М. Ильина) указывают на наличие пяти основных подходов к интерпретации термина «информационное общество»: технологический, гуманитарный, формационный, экономический и политологический [20, с. 31]. В. В. Анищенко с коллегами выделяют восточный и западный подходы к определению информационного общества [4, с. 42].

Чаще всего информационное общество – особая форма организации общества, при которой создание информации, ее обработка и передача становятся фундаментальными источниками производительности труда. Иными словами, информационное общество – общество, в котором

большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации, особенно высшей ее формы — знаний. При этом исследователи обращают внимание на то, что в информационном обществе процесс компьютеризации позволит гражданам иметь доступ к надежным источникам информации, избавит от рутинной работы, обеспечит высокий уровень автоматизации обработки информации в производственной и социальной сферах. Движущей силой развития общества должно быть производство информационного, а не материального продукта. Материальный же продукт станет более информационно емким, что означает увеличение доли инноваций, дизайна и маркетинга в его стоимости.

К отличительным чертам информационного общества относятся:

- увеличение роли информации и знаний в жизни общества;
- возрастание значимости информационных коммуникаций, продуктов и услуг в валовом внутреннем продукте;
- создание единого информационного пространства, обеспечивающего эффективное информационное взаимодействие людей, их доступ к мировым информационным ресурсам и удовлетворение их потребностей в информационных продуктах и услугах.

Все больше расширяются сферы применения ИТ. Характерными признаками информационного общества в Беларуси являются:

- формирование единого информационно-коммуникационного пространства как части мирового информационного пространства, равноправное участие всех членов общества в информационной деятельности;
- становление и преобладание в экономике Беларуси новых компьютерных и информационных технологий, основанных на перспективных телекоммуникациях, средствах вычислительной техники;
- создание и развитие рынка информации, перевод информационных ресурсов общества в ресурсы социально-экономического развития;
- повышение уровня образования на основе внедрения информационных технологий;
- обеспечение прав граждан на свободное получение, использование и распространение информации как важнейшего условия демократического развития.

Кроме того, информация является продуктом деятельности современного человека и предметом купли-продажи. Информационное общество обеспечивает:

- равные возможности в доступе к информации всех слоев населения;
- безопасность информационного общества, информации;
- защиту интеллектуальной собственности;
- взаимодействие всех структур государства и государств между собой на основе информационных и компьютерных технологий;

- управление информационным обществом со стороны государства, общественных организаций.

В процессе перехода от традиционного общества к информационному существуют определенные препятствия и угрозы, а также новые требования:

- проблема отбора качественной и достоверной информации;
- возрастающее влияние на общество средств массовой информации, повышение в связи с этим их ответственности за содержание;
- вторжение ИТ в частную жизнь людей и организаций;
- проблема адаптации общества в информационной среде.

Наиболее существенной угрозой переходного периода к информационному обществу является разделение людей на владеющих информацией посредством ИТ и не обладающих такими навыками. В случае, если ИТ будут оставаться в распоряжении небольшой социальной группы, сохранится и угроза существующему механизму функционирования общества. Из этого следует, что лица, владеющие информационными потоками (информацией, ресурсами и т. п.), имеют огромные преимущества перед теми, кто ими не владеет.

ИТ расширяют права граждан путем предоставления моментального доступа к разнообразной информации; увеличивают возможности граждан участвовать в процессе принятия политических решений и следить за действиями правительств; дают возможность активно производить информацию, а не только ее потреблять; сокращают время и затраты при оплате коммунальных и других услуг, получении справок; обеспечивают средства защиты частной жизни и анонимности личных посланий и коммуникаций и многое другое. В частности, в сфере обороны государства преимущество имеет то государство, в котором наиболее развиты ИТ.

Следует отметить, что возможности и преимущества ИТ не станут реальностью сами по себе. Для этого необходимо выполнить огромный объем работ в разных сферах (технической, экономической, нравственной и т. п.).

12.2 Построение информационного общества в разных странах мира

Во многих странах мира на протяжении более двадцати лет идет процесс построения информационного общества, которое регулирует отношения, возникающие в связи с созданием и использованием современных информационных и компьютерных технологий.

Можно отметить следующее хронологическое появление законов об информатизации: Закон Республики Узбекистан (май 1993 г.), Закон

Украины (июль 1994 г.), Закон Российской Федерации (январь 1995 г.), Закон Республики Беларусь (сентябрь 1995 г.). В странах ЕС аналогичные законы появились в конце 1980 – начале 1990-х гг.

Следующим этапом стало принятие национальных планов, или программ, построения информационного общества (или электронного государства). Так, в США в 1993 г. был принят план развития глобальной информационной инфраструктуры, в Канаде стала развиваться информационная магистраль. В 1994 г. Европейское сообщество поставило в числе приоритетных задач создание в странах Европы информационного общества, для чего был создан проект «Электронная Европа». Периодически этот проект анализируется и уточняется, в последнее время он трансформирован в проект «i2010 – A European Information Society for growth and employment».

В 2000 г. была принята Окинавская хартия глобального информационного общества. На всемирных встречах на высшем уровне в Женеве (декабрь 2003 г.) и Тунисе (ноябрь 2005 г.) разработаны Декларация принципов и План действий. Генеральная Ассамблея ООН одобрила Тунисское обязательство и Тунисскую программу для информационного общества.

В настоящее время национальные стратегии развития информационного общества и построения электронного правительства приняты более чем в 90 странах: в Германии – инициатива «Бунд онлайн 2005» по созданию электронного правительства (2005); в Венгрии – Стратегия информационного общества (2005); в Болгарии – Стратегия электронного правительства (e-government) (2005).

Президентом Российской Федерации 7 февраля 2008 г. также утверждена Стратегия развития информационного общества, в котором закреплена цель, задачи и принципы построения информационного общества на следующем этапе. В правовой сфере в данной Стратегии предполагается разработка концепции нормативно-правового обеспечения процесса перехода России к информационному обществу высокого статуса и приоритета. Концепция должна определять основные направления совершенствования существующей системы информационного законодательства, в том числе в области авторского и смежных прав, а также охраны интеллектуальной собственности.

В феврале 2007 г. вступил в силу Закон Украины «Об основных принципах развития информационного общества в Украине на 2007–2015 гг.», в котором определены задачи, цели и направления, принципы национальной политики развития информационного общества в Украине, организационно-правовые основы и т. д.

Государственная стратегия развития информационно-коммуникационных технологий в Азербайджане на период 2004–2011 гг. утверждена Указом Президента от 17 февраля 2004 г.

В Литве проводится большая работа по созданию электронного правительства. В 2009 г. 60 % основных публичных и административных услуг были перенесены в электронное пространство; средний же аналогичный показатель по Европе равен 74 %. Публичными электронными услугами в 2009 г. пользовались 19 % населения (средний показатель по государствам – членам ЕС составляет 20 %), а литовские компании пользуются публичными электронными услугами значительно активнее (91 %), чем компании государств – членов ЕС (71 %). Постановлением правительства Литвы от 16 марта 2011 г. утверждена Программа развития информационного общества в Литве на 2011–2019 гг.

В Эстонии в 2007 г. принята «Стратегия информационного общества-2013», в которой определены цели и способы построения экономики, основанной на знаниях. Эстония является одним из лидеров в Европе по оказанию электронных государственных услуг населению.

Во многих Европейских странах в течение последних семи-десяти лет начато оказание гражданам государственных информационных услуг. В опубликованном 21 февраля 2011 г. докладе ЕС по внедрению электронного правительства отмечается, что все больше людей во всех странах ЕС в настоящее время имеют доступ к государственным услугам через Интернет. Среднее число оказываемых государственных услуг через Интернет в ЕС выросло с 69 до 82 % с 2009 по 2010 г. Хотя имеется достаточно большое неравенство между странами. ЕС ставит цель, чтобы к 2015 г. половина всех граждан при решении вопросов по четырем из пяти видов бизнеса использовала средства Интернета и электронного правительства.

Дальнейшие шаги в Европе в этом направлении определены в Стратегии «Еurore-2020». ООН и Всемирный банк ежегодно публикуют обзоры путей построения информационного общества в разных странах.

На основе анализа национальных стратегий развития информационного общества в качестве основных направлений можно выделить следующие:

- развитие информационно-коммуникационной инфраструктуры;
- определение принципов создания и поддержания в актуальном состоянии государственных информационных ресурсов;
- создание специализированных государственных структур по управлению развитием информационного общества;
- оказание государственных информационных услуг населению;
- обеспечение безопасности информационных ресурсов и сетей;
- разработка нормативно-правового обеспечения данного процесса.

При рассмотрении обнаруживается значительная схожесть по целям и задачам. В качестве основной цели ставится формирование непосред-

ственных условий для создания информационного общества и экономики, основанной на знаниях. В каждой программе выделен ряд приоритетов, к которым относятся:

- развитие и распространение Интернета и доступа к нему;
- электронная коммерция во всех ее аспектах, в первую очередь правовая и нормативно-справочная регламентация, а также проблемы безопасности информации;
- электронное правительство, рассматриваемое как необходимый элемент информационного общества;
- проблемы подготовки квалифицированных специалистов, а также обеспечения всеобщей компьютерной грамотности населения.

Если сравнить меры, направленные на развитие информационного общества, предпринятые в восьми странах СНГ: Азербайджане, Беларуси, Кыргызстане, Молдове, России, Таджикистане, Узбекистане и Украине, – то можно сделать следующие выводы:

1) национальные стратегии перехода к информационному обществу приняты в большинстве государств, причем в некоторых – на уровне программ;

2) программы, которые можно считать релевантными, имеются практически во всех странах, но им, как правило, не предшествовало проведение оценки готовности к информационному обществу и принятие национальной стратегии. Часто они затрагивают только отдельные аспекты формирования информационного общества и недостаточно скоординированы между собой;

3) многосторонние партнерства сформированы в основном также по отдельным направлениям развития информационного общества или недостаточно многочисленны. Исключение составляет Россия, где такое партнерство имеет выраженную структуру и большое число участников на национальном, региональном и муниципальном уровнях;

4) участие стран региона в международном сотрудничестве в области развития информационного общества можно назвать удовлетворительным, однако не достаточным. Подобный характер присущ региональному сотрудничеству (за исключением такового в сфере связи).

12.3. Развитие информационного общества в Беларуси

В советский период Беларусь была известна своими разработками в области вычислительной техники. После обретения независимости наше государство вступило на путь создания национального законодательства и интенсивного развития ИТ.

В 1990-е гг. при разработке информационных систем основная нагрузка приходилась на предприятия государственного сектора: научно-исследовательские институты НАН Беларуси, отраслевые институты, университеты, которые выполнили первые проекты прикладного характера государственной программы «Электронная Беларусь».

Об активном развитии в Беларуси частного ИТ-сектора свидетельствует тот факт, что первые частные ИТ-компании появились в нашей стране в конце 1980-х — начале 1990-х гг. Развитию частного ИТ-сектора способствовало принятое в 2004 г. решение Президента Республики Беларусь о создании Парка высоких технологий. В Парке высоких технологий в 2011 г. было зарегистрировано 94 компании-резидента, общая численность работающих на 1 января 2011 г. составила 9421 человек, объем производства компьютерных программ его резидентами в 2010 г. был равен 590 млрд руб. и вырос по сравнению с 2009 г. на 47 %.

Информационное общество в Беларуси развивается в целом достаточно успешно. В то же время в литературе справедливо указывается на ряд сдерживающих факторов юридического характера, препятствующих динамичному развитию [20, с. 24]:

- нерешенные проблемы защиты авторских прав на цифровой контент и программное обеспечение;
- медленное создание нормативно-правовой базы для предоставления органами власти электронных государственных услуг;
- государственная система управления процессами информатизации, требующая совершенствования.

В исследовании, проведенном департаментом ООН по экономическим и социальным вопросам и опубликованном 2 марта 2012 г., отражено в том числе состояние дел по созданию электронного правительства. В нем отмечается, что Республика Беларусь занимает 61-е место из 193 стран мира. В рейтинге по уровню развития телекоммуникационной инфраструктуры по сравнению с 2008 г. Беларусь поднялась с 84-го на 48-е место.

В основу информатизации Республики Беларусь были положены следующие основные принципы, которые актуальны и до настоящего времени:

- информатизация должна быть направлена на удовлетворение общегосударственных, а не местных интересов;
- управление процессами информатизации должно находиться под надзором государства, которое, согласно Конституции, обязано обеспечить права и свободы граждан путем контроля за достоверностью распространяемой информации, ее своевременной актуализацией, защитой конфиденциальных и секретных сведений;
- информатизация должна начинаться с наиболее значимых, магистральных задач;

- распространение информатизации во всех социально-экономических процессах в обществе и государстве.

Декретом Президента Республики Беларусь от 5 марта 2002 г. № 7 «О совершенствовании государственного управления в сфере науки» (в редакции Декрета от 27 июня 2011 г. № 6) функции республиканского органа государственного управления в сфере развития информатизации и системы НТИ были возложены на НАН Беларуси.

Законом Республики Беларусь от 10 ноября 2008 г. № 455-З «Об информатизации, информатизации и защите информации» определено, что государственное регулирование и управление в данной сфере осуществляется Президентом Республики Беларусь, Советом Министров, НАН Беларуси, Оперативно-аналитическим центром при Президенте Республики Беларусь, Министерством связи и информатизации, иными государственными органами в пределах их компетенции.

В 2002 г. НАН Беларуси была подготовлена Государственная программа информатизации Республики Беларусь на 2003–2005 гг. и на перспективу до 2010 г. «Электронная Беларусь», которая выполнялась с 2003 по 2010 г. В качестве основных целей данной Программы указывались следующие:

- формирование в стране единого информационного пространства как одного из этапов перехода к информационному обществу путем развития и создания единой национальной информационно-коммуникационной инфраструктуры;

- формирование единого национального информационного ресурса;
- обеспечение информационной безопасности Республики Беларусь;
- создание условий для повышения эффективности функционирования экономики, государственного и местного управления, обеспечения прав граждан и юридических лиц на свободный поиск и получение информации о состоянии экономического и социального развития общества.

В рамках государственной программы «Электронная Беларусь» были выполнены проекты, направленные на развитие технологической инфраструктуры оказания государственных информационных услуг на основе использования информационно-коммуникационных технологий.

В 2003–2006 гг. созданы автоматизированные информационные системы практически для всех органов государственного управления. С 2007 по 2010 г. создавалась информационно-коммуникационная инфраструктура, ориентированная в первую очередь на формирование системы оказания государственных информационных услуг, разрабатывались информационные системы взаимодействия государственных органов и потребителей (граждан и организаций), в том числе на основе реализации принципа «одного окна».

Наибольшую значимость с точки зрения оказания государственных информационных услуг имеет разработка в 2007–2008 гг. общегосударственной автоматизированной информационной системы (ОАИС). В 2009 г. внедрена базовая версия программного обеспечения интеграционного ядра и порталов ОАИС, на базе национального оператора электросвязи РУП «Белтелеком» создана техническая инфраструктура для развертывания программно-технического комплекса ОАИС. В целях формирования системы оказания информационных услуг на основе интегрированных в ОАИС государственных информационных ресурсов Министерством связи разработан и утвержден перечень информационных услуг, доступ к которым предоставляется органам государственного управления и органам местного управления посредством ОАИС.

В числе других мероприятий государственной программы «Электронная Беларусь», направленных на предоставление государственных информационных услуг и имеющих важные практические результаты, отмечаются следующие:

1) создание корпоративной библиотечной сети в составе Национальной библиотеки Беларуси, республиканских и областных библиотек, региональных информационных центров. Сеть обеспечивает доступ к библиотечным информационным ресурсам широкому кругу пользователей, включая жителей сельских районов республики;

2) создание автоматизированных систем, обеспечивающих на основе заявительного принципа «одного окна» электронное взаимодействие государственных органов и организаций в ходе выполнения административных процедур при выдаче справок гражданам (автоматизированы 184 административные процедуры, более половины из которых являются многоступенчатыми) и при государственной регистрации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей; с внедрением данных систем исключены избыточные административные действия и в целом упрощена вся процедура исполнения государственных функций задействованными госорганами и организациями;

3) разработка единой информационно-аналитической среды для сбора, обработки данных, наблюдения, диагностики и обмена медицинской информацией в оперативном режиме. В рамках проекта уже функционирует одна из веток консультативной сети по проблеме опухолей щитовидной железы, которая связывает Республиканский центр опухолей щитовидной железы в Минске и Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека в Гомеле;

4) создание общереспубликанской системы и базы данных по сбору налогов от физических лиц – граждан Республики Беларусь;

5) создание автоматизированной системы пограничного контроля на всех пунктах пропуска через государственную границу Республики Беларусь, что позволило значительно ускорить и упростить процедуру оформления документов гражданами Республики Беларусь при пересечении государственной границы.

С 1 января 2011 г. начал функционировать единый портал государственных услуг, в который уже интегрировано более десяти государственных информационных ресурсов. Граждане и организации получили доступ к единому государственному регистру юридических лиц и предпринимателей (владелец – Минюст); единому государственному регистру недвижимого имущества, прав на него и сделок с ним (владелец – Госкомимущество); АС «Паспорт» (владелец – МВД); государственному реестру плательщиков и иных обязанных лиц (владелец – Министерство по налогам и сборам (МНС) и банку данных документов о высшем образовании (владелец – Минобразования). Также через портал доступны интегрированный информационный ресурс об имуществе, права на которое ограничены залоговыми обязательствами; банк данных талантливой молодежи (владелец – Минкультуры); банк данных одаренной молодежи (владелец – Минобразования) и др.

На портале размещен перечень услуг, сгруппированных по жизненным событиям, ведомствам и категориям. Причем реализована концепция личного кабинета пользователя, обеспечивающая единую точку заказа и оплаты доступных пользователю услуг. Доступ к ним осуществляется посредством авторизации пользователя с использованием электронной цифровой подписи.

В рамках интеграции указанных ресурсов ОАИС осуществляет оказание государственных электронных услуг:

- для органов государственного управления, государственных и иных организаций – на интранет-портале ОАИС, доступном исключительно в рамках выделенной сети передачи данных, не являющейся составной частью сети связи общего доступа;
- физических и юридических лиц в рамках Единого портала государственных электронных услуг – на интернет-портале ОАИС.

В состав информационного обеспечения ОАИС входят:

- Единая система классификации и кодирования информации ОАИС, в основу которой положены общегосударственные классификаторы Республики Беларусь и справочники республиканского значения, содержащиеся в базовых информационных ресурсах;
- электронные административные регламенты, описывающие порядок выполнения процедур (функций) при организации межведомствен-

ного информационного взаимодействия, и реквизитный состав передаваемой информации.

Единый портал электронных услуг предоставляет доступ к информации:

- трех базовых государственных информационных ресурсов (ГИР): МВД (АС «Паспорт»); ГУП «Национальное кадастровое агентство» (Единый государственный регистр недвижимого имущества); Минюст (Единый государственный регистр юридических лиц и индивидуальных предпринимателей);

- иных ГИР: Нацбанк, Минобразования, Минкультуры, МВД, Минтранспорта, Минсельхозпрод, МНС, Госкомимущество, Минфин.

В 2011 г. в реестре электронных услуг на Едином портале было размещено 117 безвозмездных электронных услуг (не требующих регистрации). Услуги в реестре структурированы по признакам (ведомства, жизненные события) и представлены на главной странице портала в виде каталога со ссылкой на иные порталы (сайты). Постоянными пользователями на начало 2012 г. являются 43 организации и банка. В течение 2011 г. к Единому portalу обратилось около 250 тыс. пользователей.

С внедрением данных систем исключены избыточные административные действия и упрощена процедура исполнения государственных функций задействованными госорганами и организациями. Как следствие, процедура постановки на учет субъектов хозяйствования сократилась с 20–30 до 5 дней. Ожидается, что по результатам окончательного внедрения время совершения административных процедур для граждан уменьшится в зависимости от числа задействованных структур не менее чем на 20–30 %.

С 1 января 2011 г. создана и введена в эксплуатацию первая очередь системы межведомственного электронного документооборота государственных органов Республики Беларусь. Она позволяет организовать межведомственный электронный документооборот республиканских органов государственного управления и иных организаций (всего 77 абонентов).

Согласно закону «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» в 2011 г. начало функционировать главное звено – Государственная система управления открытыми ключами, представляющая собой систему взаимосвязанных и аккредитованных в ней удостоверяющих и регистрационных центров по всей стране.

Важными факторами становления информационного общества в нашей стране являются следующие:

1. Образование Национальной библиотеки Республики Беларусь. Фонд библиотеки составляет свыше 8,6 млн документов Беларуси и других стран

мира более чем на 50 языках. Сюда входят печатные издания, рукописи, микрофильмы, электронные и другие виды документов. Это наиболее полная в стране универсальная коллекция национальных и других документов. Формирование информационных ресурсов в библиотеке ориентировано на выполнение функций национальной библиотеки как информационного, социокультурного и социополитического центра — значимых компонентов информационной инфраструктуры информационного общества.

2. Создание Парка высоких технологий, который вносит важный вклад в процесс становления информационного общества. Парк высоких технологий основан с целью разработки в Республике Беларусь программно-обеспечения, информационно-коммуникационных и других технологий, направленных на повышение конкурентоспособности национальной экономики, формирование уникальной подходящей среды для развития высоких технологий. Гарантией успешного функционирования Парка являются благоприятные для деятельности резидентов экономические, социальные и правовые условия.

3. Повышение качества образования и рынка в области ИТ. По оценкам экспертов, на белорусском рынке экспортно ориентированного программирования работают квалифицированные специалисты с высоким уровнем образования. В последние годы белорусские инженеры, ученые, программисты участвуют в широкомасштабных технологических проектах (создание космических станций, мощных компьютерных и глобальных коммуникационных систем, ядерные разработки и др.). Увеличивается количество белорусских специалистов, занятых на рынке экспортного программирования. Так, белорусские компании EPAM, IBA, Sam-Solutions, Belsoft, ScienceSoft выполняют проекты для British Telecom, T-Mobile, Cingular/АТТ, BlueCross BlueShield, Reuters, Лондонской фондовой биржи, AeroMexico, William Hill, SAP, Microsoft, Hyperion, BEA, Colgate, Samsung, IBM, Siemens, Alcatel и др. (по данным Национального инвестиционного сайта Республики Беларусь).

4. Развитие национальных компьютерных технологий, средств обработки и хранения мощных потоков информации. В стране действует Республиканский суперкомпьютерный центр коллективного использования как структурное подразделение НАН Беларуси. Он объединяет вычислительные мощности суперкомпьютерных конфигураций «СКИФ», разработанных совместно белорусскими и российскими специалистами.

5. Все большее применение ИКТ в быту. Компьютеры используются в жилищах, например с целью обеспечения их нормальной жизнедеятельности (охранная, противопожарная или газовая автоматика; управление

освещенностью, расходом электроэнергии, отопительной системой, бытовыми приборами со встроенными микропроцессорами). Компьютеры также обеспечивают информационные потребности людей (заказы на товары и услуги; обеспечение справочной информацией).

В коллективной работе авторы – В. В. Анищенко, Р. Б. Григянец, Г. Н. Науменко, В. Н. Венгеров – предлагают классификацию стадий построения электронного правительства, основываясь на сервисе, представляемом государством гражданам. Выделяются следующие стадии:

- 1) формирование присутствия государства в Интернете;
- 2) расширенное присутствие государства в Интернете;
- 3) интерактивное присутствие государства в Интернете;
- 4) присутствие государства в Интернете на уровне транзакций;
- 5) полностью интегрированное присутствие государства в Интернете.

В работе также отмечается, что в настоящее время Беларусь находится на пути между второй и третьей стадией, когда практически все государственные органы имеют собственные сайты и порталы, однако качество представляемой информации и услуг все же требует совершенствования [4, с. 95–96].

С учетом результатов выполнения государственной программы «Электронная Беларусь» и положительного опыта ряда стран Минсвязи и НАН Беларуси в 2009 г. разработана Стратегия развития информационного общества Республики Беларусь на период до 2015 г., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. № 1174. Важное значение для информатизации республики и ее продвижения на пути построения информационного общества имеет Национальная программа ускоренного развития услуг в области информационных технологий на период 2011–2015 гг., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 марта 2011 г. № 384.

Основной целью Национальной программы является создание условий для ускоренного развития услуг в сфере информационно-коммуникационных технологий, содействующих развитию информационного общества на инновационной основе и способствующих повышению качества и эффективности информационных отношений населения, бизнеса и государства, в том числе формированию государственной системы оказания электронных услуг.

Указанная Национальная программа состоит из девяти подпрограмм и включает 147 мероприятий, из них 106 научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) и 41 – организационно-технических (в том числе четыре инвестиционных). В качестве подпрограмм

определены следующие: «Национальная информационно-коммуникационная инфраструктура», «Электронное правительство», «Электронное здравоохранение», «Электронная занятость и социальная защита населения», «Электронное обучение и развитие человеческого капитала», «Формирование национального контента», «Электронная таможня», «Безопасность ИКТ и цифровое доверие», «Развитие экспортно-ориентированной ИТ-индустрии». Перечисленные подпрограммы охватывают важнейшие направления дальнейшего развития информационного общества и соответствуют аналогичным программам многих стран.

Основные задачи названной Национальной программы имеют выраженную направленность на создание эффективной системы оказания государственных электронных услуг, включая совершенствование национальной информационно-коммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей опережение растущих информационных потребностей граждан, бизнеса и государства. Одной из задач оказания государственных электронных услуг является создание республиканской иерархической системы, охватывающей различные уровни: республиканский, областной, районный и сельский.

Таким образом, с 2011 г. наступил новый этап построения, а точнее, развития информационного общества в Республике Беларусь. В настоящее время в Беларуси каждое современное предприятие и организация, а также большинство граждан пользуются Интернетом и информацией в электронной форме, базирующейся на эталонном банке данных различной информации Республики Беларусь. Это свидетельствует об успешности процесса развития информационного общества в нашем государстве.

В соответствии с указанной Стратегией до 2015 г. планируется развить государственную систему оказания электронных услуг организациям и гражданам, включающую:

- ОАИС, интегрирующую ГИР в целях предоставления электронных услуг;
- государственную систему управления открытыми ключами;
- государственную систему идентификации физических и юридических лиц;
- систему формирования и регистрации ГИР (с оценкой их по соответствующим показателям качества), используемых при оказании электронных услуг;
- платежный шлюз в интеграции с единым расчетным информационным пространством, посредством которого будут осуществляться платежные транзакции через портал ОАИС;
- единую защищенную среду информационного взаимодействия республиканских органов государственного управления.

В Стратегии определены также следующие приоритетные направления развития информационного общества:

1. Электронное правительство. Основной целью построения электронного правительства в Республике Беларусь является реализация возможностей системы государственного управления по предоставлению открытых и доступных услуг населению и бизнесу.

2. Электронное здравоохранение. Основная цель развития электронного здравоохранения заключается в повышении качества медицинского обслуживания населения и расширении доступности услуг, предоставляемых системой здравоохранения Республики Беларусь.

3. Электронное обучение. В области развития электронного обучения приоритетными направлениями являются создание национальной системы электронных образовательных ресурсов по основным отраслям знаний и совершенствование инфраструктуры доступа к этим и мировым образовательным ресурсам.

4. Электронная занятость и социальная поддержка.

5. Электронная экономика. Цель формирования в Республике Беларусь электронной экономики, основанной на знаниях, состоит в обеспечении ее конкурентоспособности на мировых рынках, развитии производства товаров и услуг с высокой добавленной стоимостью, сохранении окружающей среды.

6. Электронный контент и система массовых коммуникаций.

По результатам реализации указанных Стратегии и Программы Беларусь должна войти в тридцатку лучших стран глобального информационного общества, а по показателю доступности информационной и телекоммуникационной инфраструктуры для граждан и организаций – в двадцатку стран-лидеров. Главным направлением развития информационного общества в Беларуси на ближайшие несколько лет является развитие инфраструктуры государственной системы оказания информационных услуг в электронном виде. В 2015 г. 100 % государственных услуг должны оказываться не только в привычном, но и в электронном формате.

Таким образом, Республика Беларусь, создав в 2010 г. основы информационного общества, перешла ко второму этапу, на котором информационное общество охватит каждого жителя страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абламейко С. В., Абрамов С. М.* Основные результаты суперкомпьютерной программы (СКИФ) Союзного государства // Тр. 3-го расширенного семинара «Использование методов искусственного интеллекта в высокопроизводительных вычислениях и в аэрокосмических исследованиях» (АКИИ-03). М., 2003. С. 135–140.
2. *Абламейко С. В.* Кибернетика жизни: размышления академика. Минск, 2011.
3. *Абламейко М. С., Марушко Д. А.* К вопросу о правовом обеспечении информационной безопасности при формировании информационного общества в Республике Беларусь // Изв. НАН Беларуси. 2011. № 4. С. 39–45.
4. *Апокин И. А., Майстров Л. Е.* История вычислительной техники. М., 1990.
5. Развитие информационного общества в Республике Беларусь / В. В. Анищенко [и др.]. Минск, 2012.
6. *Бражникова З. В., Карлюк А. С.* Человек, компьютер, творчество. Минск, 1991.
7. *Бровка Н. В.* Интеграция теории и практики обучения математике как средство повышения качества подготовки студентов. Минск, 2009.
8. *Васильев В. Н., Стафеев С. К.* Компьютерные информационные технологии – основа образования XXI века // Компьютерные инструменты в образовании. 2002. № 1. С. 3–7.
9. *Галушкин А. И.* Нейрокомпьютеры. М., 2000.
10. *Громыко Н. И.* Введение в страну ЭВМ. Минск, 1984.
11. *Гутер Р. С., Полуянов Ю. Л.* От абака до компьютера. М., 1981.
12. *Дашевский Л. Н., Шкабара Е. А.* Как это начиналось (Воспоминания о создании первой отечественной электронной вычислительной машины – МЭСМ). М., 1981.
13. *Дубова Н.* Очерки истории советской вычислительной техники. Очерк первый: ИТМ и ВТ. Машины 1 и 2 поколений // Открытые системы. 1999. № 1. С. 69–76.
14. *Дубова Н.* Очерки истории советской вычислительной техники. Очерк второй: Школа Б. И. Рамеева, универсальные ЭВМ // Открытые системы. 1999. № 2. С. 70–73.

15. *Дубова Н.* Очерки истории советской вычислительной техники. Очерк третий: Школа И. С. Брука. Малые и управляющие ЭВМ // Открытые системы. 1999. № 3. С. 67–71.
16. *Дьяконов В. П.* Современные зарубежные микрокалькуляторы. М., 2002.
17. *Еришов А. П.* О предмете информатики // Вести АН СССР. 1984. № 2. С. 112–113.
18. *Зуев К. А.* Компьютер и общество. М., 1990.
19. *Ильина Е. М.* На пути к информационному обществу: государственная политика информатизации в Республике Беларусь : монография. Минск, 2010.
20. Знакомьтесь: компьютер / под ред. В. М. Курочкина. М., 1989.
21. История вычислительной техники в Беларуси / Науч.-исслед. ин-т ЭВМ ; под общ. ред. В. Ф. Быченкова. Минск, 2008.
22. История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде) / Ин-т информатики и автоматизации РАН ; под общ. ред. члена-корр. РАН Р. М. Юсупова ; сост. М. А. Вус. СПб., 2008. Вып. 1. Яркие фрагменты истории.
23. *Козодоев Р.* OpenOffice.org: полное руководство пользователя. СПб., 2009.
24. *Королев Л. Н.* Микропроцессоры и персональные компьютеры. М., 1986.
25. *Лакмотова О. В.* Представление об информационном обществе [Электронный ресурс]. URL: http://bibliograd.ru/base/pravo/Lakhmotova_-_Predstavlenija_ob_informacionnom_obshchestve.html
26. *Леонтьев В. А.* Новейшая энциклопедия персонального компьютера 2008. М., 2008.
27. *Леонтьев В. А.* Новейшая энциклопедия Интернета 2008. М., 2008.
28. *Лопато Г. П.* Вычислительная техника в Белоруссии // Информационные технологии и вычислительные системы. 1997. № 1. С. 42–46.
29. *Лукиных Т. Н., Можяева Г. В.* Информационные революции и их роль в развитии общества [Электронный ресурс]. URL: http://huminf.tsu.ru/e-jurnal/magazine/3/luk_moz.html
30. Модели суперкомпьютеров СКИФ Ряда 2 / С. В. Абламейко [и др.] // Докл. Междунар. науч. конф. «Суперкомпьютерные системы и их применение» (SSA-2004) (Минск, 26–28 окт. 2004 г.). Минск, 2004. С. 73–76.
31. *Мичи Д., Джонстон Р.* Компьютер – творец. М., 1987.
32. Нейронные сети: история развития теории / под. ред. А. И. Галушкина и Я. З. Цыпкина. М., 2001.
33. Новая философская энциклопедия : в 4 т. / редкол.: В. С. Степин (гл. ред.) [и др.]. М., 2000. Т. 1.
34. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. С. Полат [и др.] ; под ред. Е. С. Полат. М., 2002.
35. *Новиков А. М.* Как работать над диссертацией : пособие для начинающего педагога-исследователя. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1996.
36. *Новик И. А., Бровка Н. В., Макарова Н. П.* Педагогические проблемы использования мультимедийных средств обучения в системе математического образования // Весн. Магіл. дзярж. ун-та ім. А. А. Куляшова. 2010. № 1 (35). С. 13–20.

37. *Новик И. А.* Формирование методической культуры учителя математики в педвузе : монография. Минск, 2003.
38. *Норенков И. П.* Краткая история вычислительной техники и информационных технологий. Москва, 2005. (Приложение к журналу «Информационные технологии». 2005. № 9.)
39. *Пащенко И. Г.* OpenOffice. М., 2009.
40. Проблемы современного информационного общества: предпосылки, достижения, перспективы. Комментарии и рекомендации советника целевой группы ООН по информационным и коммуникационным технологиям А. В. Короткова. Вып. № 6А. М., 2006.
41. *Пржиялковский В. В., Смирнов Г. Д.* Научно-исследовательский институт электронных вычислительных машин (Историческая справка). Минск, 2008.
42. *Пржиялковский В. В., Карпилович Ю. В.* Минское производственное объединение вычислительной техники (МПО ВТ) (Историческая справка). Минск, 2008.
43. Принципы построения суперкомпьютеров семейства СКИФ и их реализация / С. В. Абламейко [и др.] // Информатика. 2004. № 1. С. 89–106.
44. *Ракитов А. И.* Информатика, наука, технология в глобальных исторических измерениях. М., 1998.
45. *Романовский Т. Б.* Микрокалькуляторы в рассказах и играх. Минск, 1987.
46. Суперкомпьютерные конфигурации СКИФ / С. В. Абламейко [и др.]. Минск, 2005.
47. Совместная белорусско-российская программа «СКИФ» / С. В. Абламейко [и др.] // Докл. Междунар. науч. конф. «Суперкомпьютерные системы и их применение (SSA-2004) (Минск, 26–28 окт. 2004 г.). Минск, 2004. С. 23–27.
48. *Фринланд А. Я.* Основные ресурсы информатики : учеб. пособие. Тула, 2004.
49. *Частиков А. П.* Архитекторы компьютерного мира. СПб., 2002.
50. *Шилов В. В.* Ванневар Буш. Москва, 2004. (Приложение к журналу «Информационные технологии». 2004. № 11.)
51. Основные понятия дисциплины «Информатика» [Электронный ресурс]. URL: <http://prepodinfo.narod.ru/term/razdel11.htm>
52. Телешкола: Энциклопедия: Информатика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.internet-school.ru/Enc.ashx?item=3479>
53. Интернет-портал Национальной библиотеки Беларуси [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nlb.by/portal/page/portal/index/>
54. Парк высоких технологий [Электронный ресурс]. URL: <http://invest.belarus.by/ru/investment/htp/>
55. *Widrow B., Hoff M.* Adaptive switching circuits // RE Wescon Convention. 1960. P. 162–176.
56. *Hecht-Nielsen R.* Counter propagation, networks // Applied Optics. 1987. № 26 (23). P. 4979–4984.

57. *Minsky M., Papert S. Perceptrons.* Cambridge, 1969.
58. Megabook. Энциклопедия компьютеров [Электронный ресурс]. URL: <http://www.megabook.ru/>
59. Museum of the USSR Computers History [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bashedu.ru/konkurs/tarhov/english/index.html>
60. Виртуальный компьютерный музей [Электронный ресурс]. URL: <http://mrzm.narod.ru/kurs/2.html>
61. Computer history organizations and museums [Электронный ресурс]. URL: <http://ei.cs.vt.edu/history/museums.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРОВ.....	3
Глава 1. СТАНОВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИКИ КАК НАУКИ	
1.1. Цели и функции информатики как науки	5
1.2. Этапы информационных преобразований в обществе.....	11
Глава 2. ПРЕДЫСТОРИЯ ИНФОРМАТИКИ	
2.1. «Домеханический» период развития вычислительной техники: счеты, таблицы, таблицы Непера, логарифмическая линейка	13
2.2. «Механический» период создания вычислительных устройств.....	17
2.3. Возможности двоичного кода	27
2.4. Своеобразие алгебры Буля	29
2.5. Открытия начала XX в.: пишущая машинка, азбука Морзе, телефон, радио, арифмометр.....	31
Глава 3. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРВЫХ КОМПЬЮТЕРОВ	
3.1. Первые компьютеры на электромеханических реле	32
3.2. Компьютеры на электронных лампах, разработки А. Тьюринга, принципы фон Неймана	35
Глава 4. ПОСЛЕДУЮЩИЕ ПОКОЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ	
4.1. Изобретение плоского транзистора и второе поколение компьютеров.....	43
4.2. Создание интегральной схемы и третье поколение компьютеров	47
4.3. На пути совместимости компьютеров.....	49
4.4. Четвертое и последующие поколения компьютеров. Их основные характеристики	50
Глава 5. РАЗРАБОТКА КАЛЬКУЛЯТОРОВ И МИНИ-КОМПЬЮТЕРОВ	
5.1. Хронология разработки калькуляторов	59
5.2. Создание мини-компьютеров	65
5.3. Первый персональный компьютер: С. Джобс и С. Возняк.....	67
5.4. Первые выдающиеся разработчики операционной системы и компилятора: Б. Гейтс, Г. Хоппер.....	72
Глава 6. ПОЯВЛЕНИЕ СРЕДСТВ «ОБЩЕНИЯ» ЧЕЛОВЕКА С КОМПЬЮТЕРОМ	
6.1. Алгоритмические языки программирования.....	73

6.2. Технические средства «общения» человека с компьютером: средства ввода и вывода информации.....	76
6.3. Выдающиеся советские ученые в области программирования: А. П. Ершов, А. А. Ляпунов	83

Глава 7. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СССР

7.1. Из истории становления аналоговых вычислительных машин.....	86
7.2. Электронные вычислительные машины первого поколения в СССР: разработки С. А. Лебедева, И. С. Брука, Б. И. Рамеева.....	88
7.3. Машины второго поколения в СССР: БЭСМ-6.....	96
7.4. Единая система электронно-вычислительных машин: машины третьего поколения в СССР (1968–1983)	98

Глава 8. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В БЕЛАРУСИ

8.1. Разработка и выпуск электронно-вычислительных машин в Беларуси	101
8.2. Электронно-вычислительные машины единой системы.....	105
8.3. Вычислительные комплексы и системы. Персональные электронно- вычислительные машины	107

Глава 9. СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

9.1. Компьютерная сеть Национальной академии наук Беларуси BASNET	109
9.2. Компьютерная сеть библиотек Беларуси	116
9.3. Организация доступа научно-информационной компьютерной сети Республики Беларусь к общеевропейской научной сети GEANT	118

Глава 10. СОЗДАНИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ В РАМКАХ РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

10.1. Создание отечественных суперкомпьютеров.....	122
10.2. Практическое использование суперкомпьютеров	136
10.3. От суперкомпьютеров к грид-технологиям.....	139

Глава 11. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ И НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ

11.1. Возникновение сети Интернет и этапы ее развития	143
11.2. Структура и основные возможности, предоставляемые сетью Интернет... ..	153
11.3. Создание Всемирной паутины WWW	155
11.4. Примеры необычного использования компьютеров.....	156
11.5. Планшетные компьютеры и некоторые возможности их использования.....	160

Глава 12. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО КАК РЕЗУЛЬТАТ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

12.1. Понятие и признаки информационного общества	162
12.2. Построение информационного общества в разных странах мира	165
12.3. Развитие информационного общества в Беларуси.....	168

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	178
-------------------------------	-----

Учебное издание

Абламейко Сергей Владимирович

Новик Ирина Александровна

Бровка Наталья Владимировна

**КРАТКИЙ КУРС ИСТОРИИ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

Пособие

Редактор *А. Г. Терехова*

Художник обложки *Т. Ю. Таран*

Технический редактор *Т. К. Раманович*

Компьютерная верстка *С. Н. Егоровой*

Корректор *С. А. Бондаренко*

Подписано в печать 12.07.2014. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,69.
Уч.-изд. л. 13,6. Тираж 150 экз. Заказ 575.

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского государственного университета».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/63 от 19.03.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.