



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**Т.П. Злыднева**

# **ИСТОРИЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

**Часть 2**

## **История информатики**

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*



Магнитогорск  
2015

Рецензенты:

Заместитель директора представительства  
Челябинского государственного педагогического университета  
в г. Магнитогорске,  
кандидат технических наук, доцент  
*Л.Е. Смушкевич*

Доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий  
Сибайского института ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный  
университет», кандидат педагогических наук  
*И.С. Гумеров*

**Злыднева Т.П.**

**История прикладной математики и информатики. Часть 2. История информатики** [Электронный ресурс] : учебное пособие / Татьяна Павловна Злыднева ; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Изд. 2-е, подгот. по печ. изд. 2014 г. – Электрон. текстовые дан. (0,81 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

Включает в себя основные вехи развития информатики как науки, подробные рекомендации по изучению материала. Может быть использовано при подготовке к лекционным и практическим занятиям по дисциплине «История и методология прикладной математики и информатики».

Предназначено для магистрантов направления подготовки 010400.68 «Прикладная математика и информатика», может быть полезным студентам других специальностей и направлений подготовки, аспирантам, преподавателям, всем, кто хочет получить представление о пути развития и становления одной из самых молодых наук – информатики.

УДК 002(091)

© Злыднева Т.П., 2014  
© ФГБОУ ВПО «Магнитогорский  
государственный технический  
университет им. Г.И. Носова», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Введение .....	7
<b>1. Информатика доэлектронного периода .....</b>	<b>10</b>
1.1. Вычислительная техника XVII века .....	10
1.2. Аналитическая машина Ч. Бэббиджа .....	14
1.3. Аналоговые вычислительные машины .....	16
1.4. Программно-управляемые цифровые вычислительные машины на электромеханических реле .....	18
<b>2. Зарождение электронной информатики .....</b>	<b>20</b>
2.1. Первые проекты ЭВМ. Компьютер Атанасова–Берри .....	21
2.2. Компьютер ЭНИАК (ENIAC) .....	24
2.3. США: работы над проектами ЭДВАК и ИАС с участием Джона фон Неймана и их влияние на развитие ЭВМ .....	25
2.4. Операторный метод программирования (А.А. Ляпунов) .....	28
<b>3. Развитие ЭВМ и системного программирования .....</b>	<b>29</b>
3.1. Проекты ЭВМ исторического значения – международного и национального .....	30
3.2. От программирующих программ к системам программирования ...	34
3.2.1. Программирующие программы .....	35
3.2.2. Алголовские трансляторы .....	37
3.2.3. Языки системного программирования .....	39
<b>4. Эволюция информационно-вычислительных сетей .....</b>	<b>41</b>
4.1. Основные направления развития информационно-вычислительных сетей .....	41
4.2. Многомашинные территориальные комплексы для решения специальных крупномасштабных задач .....	45
4.2.1. Система ПВО Североамериканского континента «Сейдж» .....	45
4.2.2. Системы контроля космического пространства .....	46
4.3. Сеть Арпанет .....	51
4.4. Эволюция информационно-вычислительных сетей в СССР .....	52
<b>5. Развитие теории и практики искусственного интеллекта .....</b>	<b>56</b>
5.1. История развития искусственного интеллекта .....	56
5.2. Исследования в области решения интеллектуальных задач .....	58
5.2.1. Машинный перевод .....	58
5.2.2. Эвристическое программирование .....	60
5.2.3. Распознавание образов .....	62
5.3. Вопросно-ответные и диалоговые системы .....	65
Приложение .....	68
Библиографический список .....	69

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Информатика в настоящее время играет большую роль, как в обществе, так и в системе знаний, которой должен овладеть квалифицированный специалист-математик. Это молодая научная дисциплина, которая изучает вопросы, связанные с поиском, сбором, хранением, преобразованием и использованием информации в самых различных сферах человеческой деятельности.

Возникновение информатики как науки, начало ее истории, связано с разработкой первых ЭВМ, даже сам термин «информатика» изначально подразумевал науку о вычислениях. Иницирующая роль вычислительной техники при возникновении и оформлении новой науки неоспорима: именно компьютеры позволяют порождать, хранить и автоматически перерабатывать информацию в таких количествах, что научный подход к информационным процессам становится одновременно необходимым и возможным.

По определению А.П. Ершова информатика – фундаментальная естественная наука: термин информатика «вводится в русский язык в новом и куда более широком значении – как название фундаментальной естественной науки, изучающей процессы передачи и обработки информации. При таком толковании информатика оказывается более непосредственно связанной с философскими и общенаучными категориями, проясняется и ее место в кругу «традиционных» академических научных дисциплин» [24]. Известно, что к фундаментальным принято относить те науки, основные понятия которых носят общенаучный характер, используются во многих других науках и видах деятельности (например, математика, философия). Сюда же отнесена и информатика, поскольку понятия «информация», «процессы обработки информации» так же имеют общенаучную значимость.

Первый директор Института проблем информатики АН СССР академик Б.Н. Наумов также считал информатику естественной наукой и еще в 1985 году дал следующее определение: «В настоящее время информатику можно определить как естественную науку, изучающую общие свойства информации, процессы, методы и средства ее обработки (сбор, хранение, перемещение, выдача)» [26]. Естественные науки имеют дело с объективными сущностями мира, существующими независимо от нашего сознания (физика, химия, биология и др.). Отнесение к ним информатики отражает единство законов обработки информации в системах самой разной природы – искусственных, биологических, общественных.

Многие ученые также подчеркивают, что информатика имеет характерные черты и других групп наук – технических и гуманитарных.

Черты технической науки придают информатике ее аспекты, связанные с созданием и функционированием машинных систем обработки информации. Так, академик А.А. Дородницын определяет состав информатики как три неразрывно и существенно связанные части: технические средства, программные и алгоритмические. Науке информатике присущи и некоторые черты гуманитарной (общественной) науки, что обусловлено ее вкладом в развитие и совершенствование социальной сферы. Еще в 1971 году профессор А.В. Соколов опубликовал статью, где прогнозировал, что информатика в будущем должна превратиться в обобщающую научную дисциплину всего коммуникационного цикла и стать новым научным направлением, которое будет изучать не только научно-техническую информацию, но и все другие виды социальной информации и социальной коммуникации [37].

Таким образом, информатика является комплексной, междисциплинарной отраслью научного знания.

Информатика возникла и развивается в тесной связи с другими науками. В первую очередь, это математика. Именно она создает тот теоретический фундамент, на котором строится все здание информатики. Информатика использует методы математики для построения и изучения моделей обработки, передачи и использования информации. Особое значение в информатике имеет такой раздел математики, как математическая логика. Математическая логика разрабатывает методы, позволяющие использовать достижения логики для анализа различных процессов, в том числе и информационных, с помощью компьютеров. Теория алгоритмов, теория параллельных вычислений, теория сетей и другие науки берут свое начало в математической логике и активно используются в информатике. По оценкам специалистов прогресс информатики в значительной степени будет обусловлен развитием ее математической базы.

Информатика тесно связана и с философией. Философия дает общие методы содержательного анализа, а информатика даёт общие методы формального анализа предметных областей (особенно, теоретическая, математическая информатика).

Информатика, как и математика, является наукой для описания и исследования проблем других наук. Она предоставляет свои общие или частные методы исследования другим наукам, прокладывает и усиливает междисциплинарные связи, помогает им своими идеями, методами, технологиями и, особенно, своими результатами.

Объектом приложений информатики являются самые различные науки и области практической деятельности (производство, управление, наука, образование, торговля, финансовая сфера, медицина,

криминалистика и многое другое), для которых она стала непрерывным источником самых современных технологий, называемых «информационными технологиями».

В настоящее время информатика представляет собой комплексную научно-техническую дисциплину. Под этим названием объединен довольно обширный комплекс наук, таких, как кибернетика, системотехника, программирование, моделирование, искусственный интеллект, архитектура ЭВМ, вычислительные сети и др. Каждая из них занимается изучением одного из аспектов понятия информатики. Зарождение, возникновение, развитие этих наук и составляет историю информатики в целом.

Историю информатики можно рассматривать, с одной стороны, как часть истории науки, тесно связанной с математикой, а с другой – как дисциплину, изучающую саму информатику, рассматриваемую в историческом измерении. При изучении курса «История и методология прикладной математики и информатики», учитываются оба подхода.

Учебное пособие «История прикладной математики и информатики» нацелено на формирование математического мировоззрения будущих специалистов широкого профиля, как ученых, так и ведущих преподавательскую деятельность, которое определяется структурными особенностями математического знания и местом математики и информатики в системе наук.

«История информатики» – вторая часть данного учебного пособия. Здесь раскрывается место информатики как науки в системе других наук, вехи развития информатики, а также история вычислительной техники, программного обеспечения, эволюция информационно-вычислительных сетей, развитие теории и практики искусственного интеллекта.

Ранее была опубликована первая часть пособия: «История математики». В ней наряду с общими вопросами (хронология, периодизация, биографические данные) особое внимание уделяется истории основных разделов математики, включенных в учебные планы направления подготовки «Прикладная математика и информатика»: алгебра, геометрия, математический анализ, теория вероятностей, функциональный анализ. Рассматриваются разделы, связанные с применением численных методов, с решением оптимизационных задач с применением ЭВМ. Математика представлена как единое целое, где тесно перемешаются проблемы так называемой «чистой» и «прикладной» математики.

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «История и методология прикладной математики и информатики», в которой кратко излагаются основные факты, события и идеи в ходе многовековой истории развития прикладной математики и сравнительно молодой науки информатики, направлено на решение следующих задач:

- создать представление о том, как возникали и развивались основные математические методы, понятия, идеи, как складывались отдельные математические теории;
- показать роль математики и прикладной математики в истории развития цивилизации;
- дать характеристику научного творчества наиболее выдающихся учёных прошлого, оценить их вклад, внесенный в математику;
- охарактеризовать исследования в области информатики;
- установить связи между различными разделами математики и информатики;
- особое внимание уделить развитию математики и информатики в России.

Для изучения данной дисциплины магистранты должны обладать знаниями, умениями и навыками, полученными на предыдущей ступени образования: содержание курса тесно связано фактически со всеми дисциплинами, которые изучались ранее. Предполагается, что учащиеся владеют основными понятиями математического и функционального анализа, теории множеств, алгебры, геометрии, математической логики, компьютерных наук, а также имеют представление об основных философских теориях (в рамках курса «Философия» из блока общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин). Большое внимание уделяется обучению навыкам работы с литературой, искусству библиографического поиска, умению правильно цитировать и ссылаться на использованные материалы (в том числе и электронные ресурсы сети Интернет).

Учебный материал в пособии «История прикладной математики и информатики» структурирован таким образом, чтобы его освоение не представляло особых трудностей для студентов. Для каждого раздела сначала представлена аннотация, раскрывающая содержание тем, включенных в данный раздел, приводятся ссылки на литературу из рекомендуемого библиографического списка. Далее излагается теоретический материал, подлежащий изучению, но он составляет лишь часть информации, необходимой для освоения, поскольку основной акцент делается на самостоятельную работу магистрантов.

В список литературы (см. Библиографический список) включены основные публикации, с помощью которых студент может осваивать курс самостоятельно. Фактически все рекомендуемые издания снабжены библиографическими указателями, использование которых позволяет глубже изучить материал. Некоторые рекомендуемые издания, приведенные в списке, существуют в электронном виде.

Методика, предлагаемая для изучения курса «История и методология прикладной математики и информатики» ориентирована на лекции проблемно-информационного характера, семинарские занятия исследовательского типа и подготовку рефератов.

### *1. Лекции проблемно-информационного характера*

Проблемно-информационный метод преподавания предполагает деятельность педагога по организации решения совместно с обучающимися учебных проблем, оптимально сочетающую на отдельных этапах разъяснение, сообщение необходимой учебной информации. Часть материала изучается обычным репродуктивным методом (получение информации – воспроизведение ее), другая часть – исследовательским методом. Начиная с создания познавательной потребности в решении возникшей в результате постановки учебной проблемной ситуации, необходимо добиться осознания студентами проблемы, провести поиск гипотезы, касающейся результата и пути его получения.

Границы применения исследовательского метода определяются фактором времени: с одной стороны, на усвоение материала требуется больше времени, а с другой, в условиях лекционных занятий, пределы применения этого метода сведены к минимуму. Поэтому решение проблемы, которое является основой перехода к следующей учебной проблеме и ведет к открытию нового знания, предполагается проводить вне лекционных часов.

### *2. Семинарские занятия исследовательского типа*

Обмен информацией, полученной студентами в ходе самостоятельного исследования по поставленной проблеме, рекомендуется организовать в рамках семинарских занятий. Ценность данной формы занятий в том, что в процессе обсуждения можно высказать собственное мнение и попытаться доказать его правильность.

Семинар исследовательского типа не только способствует углубленной проработке теоретического материала предмета на протяжении всего изучения курса, но и развивают творческую самостоятельность студентов, способность к обобщениям, укрепляя их интерес к науке и научным исследованиям, содействуя выработке практических навыков работы.

### *3. Рефераты*

Реферат является итоговой формой контроля по освоению дисциплины «История и методология прикладной математики и информатики». При этом требуется, чтобы закончивший изучение курса магистрант владел информацией об основных математических понятиях, ориентировался в исторических эпохах, в особенностях развития математики и информатики в различных странах, умел грамотно вести библиографический поиск и творчески осмысливать собранную информацию.

Тема реферата выбирается студентом из числа предложенных преподавателем (см. Приложение 1) или может быть определена самостоятельно. Подготовку реферата следует начинать с библиографического поиска и составления библиографического списка, а также подготовки плана работы. При поиске информации необходимо опираться на различные источники, при этом желательно провести сравнительный анализ как результатов, полученных разными специалистами, так и взглядов на эту тему различных специалистов в области истории науки. Необходимо выявить предпосылки и отметить последствия анализируемых теорий, отметить философские и методологические особенности.

Реферат должен включать в себя оглавление, введение, основную часть, заключение и подробный библиографический список, составленный в соответствии со стандартными требованиями к оформлению литературы, в том числе к ссылкам на электронные ресурсы. Магистрант должен продемонстрировать умение работать с литературой, отбирать и систематизировать материал, увязывать его с существующими математическими теориями и фактами общей истории.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, определяются цели и задачи реферата, приводится характеристика проработанности темы в литературе.

В основной части, разбитой на разделы, излагаются основные факты, проводится их анализ, формулируются выводы (по разделам). Необходимо охарактеризовать современную ситуацию, связанную с рассматриваемой тематикой. Заключение содержит итоговые выводы.

Биографические данные можно оформлять сносками или в качестве приложения к работе.

Список литературы может быть составлен в алфавитном порядке или в порядке цитирования. Ссылки в тексте должны быть оформлены также в соответствии со стандартными требованиями (с указанием номера публикации по библиографическому списку и страниц, откуда приводится цитата).

Изучение курса «История и методология прикладной математики и информатики» позволит магистрантам получить представление о пути, пройденном наукой, в области которой они работают, осознать внутреннюю логику развития науки; понять взаимосвязь между теоретическими и практическими исследованиями. Приобретенные знания будущие специалисты могут использовать в своей профессиональной и научной деятельности.

## 1. ИНФОРМАТИКА ДОЭЛЕКТРОННОГО ПЕРИОДА

### *Содержание:*

Вычислительная техника XVII в. Механические и электромеханические устройства и машины. Аналитическая машина Ч. Бэббиджа (1837) и первая машинная программа А. Лавлейс (1843). Аналоговая вычислительная техника. Дифференциальные анализаторы А.Н. Крылова (1911) и В. Буша (1931). Алгебра логики (Дж. Буль, 1847). Логические машины У. Джевонса (1869), П.Д. Хрущева (ок. 1900) и А.Н. Щукарева (1911). Доказательство возможностей и первые результаты в области анализа и синтеза релейных схем на основе алгебры логики в независимых исследованиях В.И. Шестакова, К. Шеннона, А. Накасимы и М. Хондзавы, О. Плехля и И. Пиш, В.А. Розенберга. Последующие исследования и результаты, полученные М.А. Гавриловым. Формализация понятия «алгоритм». Абстрактная машина Тьюринга (1936). Программно-управляемые ЦВМ на электромеханических реле: Ц-3 (1941) К. Цузе, МАРК-1 (1944) Г. Айкена, машины серии «Белл» Дж. Стибица.

*Литература:* [2], [3], [6], [23].

### 1.1. Вычислительная техника XVII века

В 1614 году шотландский математик Джон Непер (1550–1617) изобрел *таблицы логарифмов*. Принцип их заключается в том, что каждому числу соответствует специальное число – логарифм – это показатель степени, в которую нужно возвести число (основание логарифма), чтобы получить заданное число. Таким способом можно выразить любое число. Логарифмы очень упрощают деление и умножение. Для умножения двух чисел достаточно сложить их логарифмы. Благодаря данному свойству сложная операция умножения сводится к простой операции сложения. Для упрощения были составлены таблицы логарифмов, которые позже были как бы встроены в устройство, позволяющее значительно ускорить процесс вычисления, – логарифмическую линейку.

Непер предложил в 1617 году другой (не логарифмический) способ перемножения чисел. Инструмент, получивший название *палочки (или костяшки) Непера*, состоял из тонких пластин, или блоков. Каждая сторона блока несет числа, образующие математическую прогрессию. Манипуляции с блоками позволяют извлекать квадратные и кубические корни, а также умножать и делить большие числа. Инструмент состоял из разделенных на сегменты стерженьков, которые можно было располагать таким образом, что при сложении чисел в прилегающих друг к другу по горизонтали сегментах получался результат умножения этих чисел.

*Часы для счета* (1623 год). Вильгельм Шиккард – в письмах своему другу Иогану Кеплеру описал устройство "часов для счета" – счетной машины с устройством установки чисел и валиками с движком и окном для считывания результата. Эта машина могла только складывать и вычитать. Это была первая механическая машина для счета.

*Паскалина* (1642 год). Французский математик Блэз Паскаль сконструировал счетное устройство, чтобы облегчить труд своего отца – налогового инспектора. Это устройство позволяло суммировать десятичные числа. Внешне оно представляло собой ящик с многочисленными шестеренками. Основой суммирующей машины стал счетчик-регистратор, или счетная шестерня. Она имела десять выступов, на каждом из которых были нанесены цифры. Для передачи десятков на шестерне располагался один удлиненный зуб, зацеплявший и поворачивающий промежуточную шестерню, которая передавала вращение шестерне десятков. Дополнительная шестерня была необходима для того, чтобы обе счетные шестерни – единиц и десятков – вращались в одном направлении.

*Логарифмическая линейка* (1654 год). Англичане Роберт Биссакар, а в 1657 году – независимо от него – С. Патридж разработали прямоугольную логарифмическую линейку, конструкция которой в основном сохранилась до наших дней.

*Суммирующая машина Морленда* (1666 год). Самюэль Морленд строит первую в Англии суммирующую машину. Морленд добился успеха в области прикладной математики, как инженер – «хитроумный изобретатель». Он, прежде всего, попытался «механизировать» процесс перлюстрации и подделки письменной корреспонденции и не без успеха внедрил его на Лондонском почтамте, а затем начал заниматься механической вычислений. В 1663 г. он изобрел аналоговое вычислительное устройство, предназначенное для решения треугольников и нахождения значений тригонометрических функций; тремя годами позднее создал первые английские счетные машины – суммирующую и множительную. Об этих машинах 16–20 апреля 1666 г. писала «Лондонская газета»: «Сэр Сэмюэл Морленд изобрел два очень полезных

инструмента: один служит для сложения и вычитания фунтов, шиллингов, пенсов и фартингов или любых других монет, весов и мер... другой для быстрого выполнения умножения и деления, а также извлечения квадратного и кубического корней с любой требующейся точностью». Воодушевленный вниманием прессы, Морленд через несколько лет опубликовал маленькую брошюру «Описание и применение двух арифметических инструментов. Свою суммирующую машину он представлял читателю как «новый и исключительно полезный инструмент для сложения и вычитания фунтов, шиллингов, пенсов и фартингов, не требующий затрат памяти и беспокойства ума и не подвергающий вычислителя (operator) какой-либо неопределенности». До наших дней сохранилось несколько экземпляров «арифметического инструмента». Два из них находятся в Музее науки в Южном Кенсингтоне (Лондон), один – в Оксфордском музее. «Инструмент» представляет собой выполненное из меди компактное устройство размером  $4 \times 3 \times 1/4$  дюйма. Лицевая плата машины посеребрена, и на ней выгравирована надпись: «Сэмюэл Морленд, изобретатель, 1666 г.». Суммирующая машина была устроена следующим образом. На лицевой плате (верхней крышке) машины сделано восемь отверстий, градуированных по периметру. Шкалы нижних отверстий разделены на 4, 12 и 20 частей (для подсчета фартингов, пенсов и шиллингов); верхние отверстия имеют десятичные шкалы и используются при счете единиц, десятков и т.д. фунтов стерлингов. Под каждым отверстием расположен диск, градуированный аналогичным образом и вращающийся на оси, укрепленной на нижней крышке машины. Напротив каждой цифры на диске имеется отверстие; вставив в него ведущий штифт, можно повернуть диск на определенный угол и установить таким образом в данном разряде машины нужную цифру. Эта цифра наблюдается в окошке в верхней части каждой шкалы. Под окошком, несколько несимметрично относительно его центра, расположен упор, который служит стопором для штифта при вводе чисел. Над каждым диском есть еще один малый диск, который служит счетчиком оборотов нижнего. Это достигается с помощью однозубой передачи: нижний диск имеет один зуб, верхний – десять, поэтому при полном повороте нижнего диска верхний поворачивается на  $1/10$  своего оборота. Для регистрации этого поворота на ось, повернув верхнего диска, насаживается гладкий диск с десятичной шкалой. В начале счета все диски с помощью штифта выставляются на нуль. При сложении нижний диск вращается по часовой стрелке, при вычитании – против нее, причем в последнем случае штифт вставляется в отверстие, находящееся под окошком, а диск вращается до совпадения с цифрой вычитаемого. Полученные в каждом разряде результаты соответствующим образом суммируются. Например, число «зарегистрированных» счетчиком полных

оборотов разряда фартинггов добавляется к разряду пенсов путем поворота нижнего диска разряда пенсов на соответствующий угол. Основным недостатком «инструмента» было отсутствие в нем механизма межразрядного переноса. Это, может быть, стало главной причиной скептического отношения лондонских любителей наук и ученых к изобретению Морленда. Очень категорично выразился Роберт Гук, познакомившийся с «арифметическим инструментом» в 1673 г.: «Видел арифметическую машину сэра С. Морленда. Очень глупая». Английские историки считают, что определение «глупая» употреблено здесь в смысле «простая», «несложная», «незамысловатая». Кроме того, надо иметь в виду, что Гук, великий механик, оптик, естествоиспытатель, изобретатель, приборостроитель, любое чужое изобретение или открытие воспринимал как личное оскорбление и либо уничижительно о нем отзывался и пытался придумать нечто лучшее, либо ввязывался в борьбу за приоритет. Поэтому, заклеив морлендов «инструмент», он немедленно принялся конструировать собственный вариант машины. С помощью механика Королевского общества Гук изготовил действующую модель и 5 марта того же года продемонстрировал ее работу членам Общества. К сожалению, сведений об этой машине не сохранилось.

Существует мнение, что, конструируя суммирующую машину, Морленд выполнял, так сказать, социально-экономический заказ своей эпохи: уровень математического образования в английских школах и университетах был крайне низок, поэтому и мастера, и джентльмены 60–70-х годов нуждались в простом и в то же время оригинальном средстве, заменяющем скучные, да и не совсем понятные письменные вычисления, и не требующем, как писал Морленд, «затрат памяти и беспокойства ума».

Суммирующая машина Морленда занимает почетное место в ранней истории вычислительной техники. Ее достоинствами являются простота и малые габариты. Он изобрел однозубую передачу (хотя и использовал это изобретение в упрощенном варианте: не для межразрядной передачи десятков, а лишь для автоматического подсчета полных оборотов счетных дисков). Он первым перенес цифровую индикацию с барабана на периферию плоского диска, сделав тем самым устройство отсчета результатов вычислений более компактным и удобным. Но, наверное, самым главным достижением сэра Сэмюэла явилось использование для целей счета не корончатых (как в машине Паскаля), а зубчатых колес, ставших впоследствии основной «элементной базой» механической счетной техники. Поэтому в известном смысле можно утверждать, что арифметическое колесо вслед за Блезом Паскалем изобрел Сэмюэл Морленд.

*Ступенчатый вычислитель* (1673 год). Немецкий философ, математик, физик Готфрид Вильгельм Лейбниц создал «ступенчатый вычислитель» – счетную машину, позволяющую складывать, вычитать, умножать, делить, извлекать квадратные корни, при этом использовалась двоичная система счисления. Машина являлась прототипом арифмометра, использующегося с 1820 года до 60-х годов XX века.

## 1.2. Аналитическая машина Ч. Бэббиджа

*Чарлз Бэббидж* (1792–1871) – английский ученый, работавший в области математики, вычислительной техники и механики. Выступил инициатором применения механических устройств для вычисления и печатания математических таблиц. В 1812 г. у Бэббиджа возникла идея разностной вычислительной машины. Ценность разностной машины Чарльза Бэббиджа в том, что он впервые предложил машину, которая в отличие от всех предыдущих могла не только производить один раз заданное действие, но и осуществлять целую программу вычислений. Строительство этой машины, которая должна была вычислять любую функцию, заданную ее первыми пятью разностями, началось в 1823 г. на средства английского правительства, однако в 1833 г. работа была прекращена главным образом в связи с финансовыми затруднениями. К этому времени у Бэббиджа возник проект другой, более совершенной машины. Эта машина, которую Бэббидж назвал «Аналитической машиной», должна была проводить вычислительный процесс, заданный любыми математическими формулами. Ее главным отличием от разностной машины должно было стать то обстоятельство, что она была программируемой и могла выполнять любые заданные ей вычисления. От арифмометра новая машина отличалась наличием регистров. В них сохранялся промежуточный результат вычисления, и с их же помощью выполнялись действия, предписанные программой. Вычислительные возможности, открывшиеся после изобретения регистров, поразили самого Бэббиджа. На этот счет сохранилась следующая реплика изобретателя: «Шесть месяцев я составлял проект машины, более совершенной, чем первая. Я сам совершенно поражен той вычислительной мощностью, которой она будет обладать. Еще год назад я не смог бы в такое поверить!»

Архитектура «Аналитической машины» Чарльза Бэббиджа уже практически соответствует современному ЭВМ. В ней присутствуют все три классических составляющих компьютера:

- control barrel – управляющий барабан (управляющее устройство – УУ);
- store – хранилище (память – ЗУ);

- mill – мельница (арифметическое устройство – АУ).

Регистровая память машины Бэббиджа была способна хранить как минимум сто десятичных чисел по 40 знаков, теоретически же могла быть расширена до тысячи 50-разрядных (для сравнения: запоминающее устройство одной из первых ЭВМ «Эниак» в 1945 г. сохраняло всего 20 десятиразрядных чисел). Арифметическое устройство имело аппаратную поддержку всех четырех действий арифметики. Машина производила сложение за 3 секунды, умножение и деление – за 2 минуты. Эта «мельница» состояла из трех основных регистров: два для операндов, а третий для результатов действий, относящихся к умножению. Имелись также таблица для хранения промежуточных результатов и счетчик числа итераций. Основная программа заносилась на барабан (Управляющее устройство), в дополнение к ней могли использоваться перфокарты, предложенные Жозефом Мари Жаккаром еще в 1801 г. для быстрого перехода с узора на узор в ткацких станках.

Большую помощь в разработке машины Бэббиджу оказала Ада Лавлейс (урожденная Байрон). Лавлейс бывала в гостях у Бэббиджа со своей подругой Мэри Соммервилл. Бэббидж всегда относился к ним приветливо и подолгу объяснял назначение всех устройств машины. А вскоре он обнаружил незаурядные математические способности Ады Лавлейс. Именно Лавлейс принадлежит идея использования для подачи на вход машины двух потоков перфокарт, которые были названы операционными картами и картами переменных: первые управляли процессом обработки данных, которые были записаны на вторых.

Информация заносилась на перфокарты путем пробивки отверстий. Из операционных карт можно было составить библиотеку функций. Помимо этого, «Аналитическая машина», по замыслу автора, должна была содержать устройство печати и устройство вывода результатов на перфокарты для последующего использования. Так что Бэббидж стал пионером идеи ввода-вывода.

Бэббидж предлагал также создать механизм для перфорирования цифровых результатов на бланке или металлических пластинках. Для хранения информации в памяти ученый собирался использовать не только перфокарты, но и металлические диски, которые будут поворачиваться на оси. Металлические пластинки и металлические диски могут теперь рассматриваться нами как далекие прототипы магнитных карт и магнитных дисков.

Только в одном отношении аналитическая машина не была автоматической. Функции, записанные таблично, должны были быть заранее отперфорированы. Предвосхищая будущее вычислительных машин, Бэббидж писал: «Кажется наиболее вероятным, что она рассчитывает гораздо быстрее по соответствующим формулам, чем

пользуясь своими же собственными таблицами». И действительно, в современных вычислительных машинах существует обширная библиотека стандартных подпрограмм, с помощью которой рассчитываются функции различной степени сложности. Термин «библиотека» для данного применения также был впервые употреблен Чарльзом Бэббиджем.

Великий английский ученый Чарльз Бэббидж попытался на механической основе создать машину, принадлежащую электронному периоду. Соответственно, это его начинание просто не могло завершиться успехом. Тем не менее, это же несоответствие подчеркивает гениальность Бэббиджа: задолго до возникновения электронных вычислительных машин он разработал принципы построения машин, основные их узлы, установил возможности вычислительных машин и предсказал пути их дальнейшего развития.

### **1.3. Аналоговые вычислительные машины**

Аналоговая вычислительная машина (АВМ) – вычислительная машина, в которой каждому мгновенному значению переменной величины, участвующей в исходных соотношениях, ставится в соответствие мгновенное значение другой (машинной) величины, часто отличающейся от исходной физической природой и масштабным коэффициентом. Каждой элементарной математической операции над машинными величинами, как правило, соответствует некоторый физический закон, устанавливающий математические зависимости между физическими величинами на выходе и входе решающего элемента. Особенности представления исходных величин и построения отдельных решающих элементов в значительной мере предопределяют сравнительно большую скорость работы АВМ, простоту программирования и набора задач, ограничивая, однако, область применения и точность получаемого результата. АВМ отличается также малой универсальностью (алгоритмическая ограниченность) – при переходе от решения задач одного класса к другому требуется изменять структуру машины и число решающих элементов.

К первому аналоговому вычислительному устройству относят обычно логарифмическую линейку. Графики и номограммы – следующая разновидность аналоговых вычислительных устройств – для определения функций нескольких переменных; впервые встречаются в руководствах по навигации в 1791 г. В 1814 г. английский учёный Дж. Герман разработал аналоговый прибор – планиметр, предназначенный для определения площади, ограниченной замкнутой кривой на плоскости. Планиметр был усовершенствован в 1854 г. немецким учёным

А. Амслером. Его интегрирующий прибор с катящимся колесом привёл позднее к изобретению английским физиком Дж. Томсоном фрикционного интегратора. В 1876 г. другой английский физик У. Томсон применил фрикционный интегратор в проекте гармонического анализатора для анализа и предсказания высоты приливов в различных портах. Он показал в принципе возможность решения дифференциальных уравнений путём соединения нескольких интеграторов, однако из-за низкого уровня техники того времени идея не была реализована.

Первая механическая вычислительная машина для решения дифференциальных уравнений при проектировании кораблей была построена А.Н. Крыловым в 1911 г. В основу её была положена идея интеграфа – аналогового интегрирующего прибора, разработанного польским математиком Абданк-Абакановичем (1878) для получения интеграла произвольной функции, вычерченной на плоском графике.

Дальнейшее развитие механических интегрирующих машин связано с работами американского учёного В. Буша, под руководством которого в Массачусетском технологическом институте в Кембридже (США) была создана чисто механическая интегрирующая машина (1931) – *дифференциальный анализатор*. Дифференциальный анализатор – машина непрерывного действия; при решении задач мгновенные значения переменных выражаются положениями вращающихся валов машины (с учетом числа сделанных валом полных оборотов и направления вращения). В дальнейшем дифференциальный анализатор был усовершенствован его автором и превратился в электромеханическую машину (1942).

В 1936 г. русский инженер Н. Минорский предложил идею электродинамического аналога. Толчок развитию современных АВМ постоянного тока дала разработка Б. Расселом (1942–1944, США) решающего усилителя.

Большое значение имели работы советского математика С.А. Гершгорина (1927), заложившие основы построения сеточных моделей. В 1936 г. в СССР под руководством И.С. Брука были построены механический интегратор и электрический расчётный стол для определения стационарных режимов энергетических систем. В 40-х гг. была начата разработка электромеханического ПУАЗО на переменном токе и первых электронных ламповых интеграторов (Л.И. Гутенмахер). Работы, проведённые под руководством Гутенмахера (1945–1946), привели к созданию первых электронных аналоговых машин с повторением решения. В 1949 г. в СССР под руководством В.Б. Ушакова, В.А. Трапезникова, В.А. Котельникова, С.А. Лебедева был построен ряд АВМ на постоянном токе. Эти работы положили начало развитию современной аналоговой вычислительной техники в СССР.

#### 1.4. Программно-управляемые цифровые вычислительные машины на электромеханических реле

К 30-м годам XX века стала очевидной связь между релейными схемами и алгеброй логики, основы которой заложил английский математик и логик Джордж Буль (1815–1864 гг.) в работе 1847 г. «Математический анализ логики». Когда появилась принципиальная возможность создания средств вычислительной техники на электрической базе, логические операции, введенные Дж. Булем, оказались весьма полезны. Они изначально ориентированы на работу только с двумя сущностями: истина и ложь. Именно они пригодились для работы с двоичным кодом, который в вычислительных машинах представляется всего двумя сигналами: выключено и включено (ноль и единица). Начиная с 30-х гг. XX века появляются вычислительные машины, использующие логические схемы для электромагнитных реле и оперирующие перфокартами. Эти машины могли выполнять довольно сложные арифметические вычисления.

Вычислительную машину с программным управлением, работающую полностью на механических элементах, сконструировал немецкий ученый К. Цузе (машина Ц-1). Работа над машиной была начата в 1936 г. и продолжалась два года. Ц-1 – прототип механического двоичного программируемого калькулятора. Конрад Цузе использовал в компьютере двоичные числа с плавающей точкой. Цузе запатентовал способ автоматических вычислений, но машина Ц-1 не реализовала условных переходов. Машина была выполнена на механических элементах, имела память емкостью 16 чисел по 24 двоичных разряда. Команды были трехадресными и содержали адреса операндов и результата.

В следующем варианте (Ц-2), который не был завершен в связи с тем, что гитлеровская Германия развязала вторую мировую войну, Цузе использовал электромагнитные реле. В 1941 г. Цузе закончил работу, которая финансировалась военным министерством, над машиной Ц-3. Эта машина, выполненная полностью на электромагнитных реле, явилась первой универсальной автоматической ЦВМ с программным управлением. Но работы К. Цузе были неизвестны за пределами Германии, и ученые других стран ознакомились с ними только спустя некоторое время после окончания второй мировой войны.

Первая удачная попытка построить универсальную цифровую машину была предпринята в 1937 г. в США математиком Говардом Айкеном. Эта машина получила название *вычислительной машины с автоматическим управлением последовательностью операций* и известна под именем «Марк-1». Над первым вариантом машины Г. Айкен работал

до 1944 г., машина создавалась на базе фирмы ИВМ и имела программное управление, программа набиралась на коммутационных досках и переключателях. Машина была выполнена на релейных и механических элементах. Это еще не была машина с хранимой и гибко изменяющейся программой, однако она уже показала возможность построения автоматических вычислительных машин, состоящих из большого числа логических элементов. Арифметическое и запоминающее устройства были выполнены на электромеханических устройствах. Основным логическим элементом в схемах были реле.

Машина «Марк-1» имела достаточно длинную последовательность программных кодов и хорошее для своего времени быстродействие. Эта машина по принципу действия, своим функциям, применяемой десятичной системе счисления и другим показателям напоминала аналитическую машину Бэббиджа. Г. Айкен утверждал, что он познакомился с машиной Бэббиджа только после трехлетних трудов по разработке Марк-1.

Ёмкость памяти машины была на порядок меньше величины, запроектированной в свое время Бэббиджем. Кроме того, признак условного перехода в «Марк-1» вел к выбору перфокарт с числами, соответствующими различным областям изменения аргумента, или к останову программ. Только впоследствии была введена команда условного перехода с выходом на продолжение операций или повторение цикла, как предусматривали Лавлейс и Бэббидж. Конечно, ряд показателей «Марк-1» был лучше, чем у машины Бэббиджа; в первую очередь это относится к скорости выполнения операций, затем к управлению, которое велось по программе, записанной на перфокарте.

Но, как и всякое механическое устройство, машина «Марк-1» не обладала тем быстродействием, которое позволило бы осуществить качественный скачок в технологии вычислений. Улучшенная конструкция на реле повышенной надежности легла в основу ЦВМ «Марк-2».

Наряду с работами Г. Айкена приблизительно в то же время велась работа других групп, в результате которой было создано еще несколько электромеханических релейных машин. Так, в 1939 г. в США Дж. Стибиц закончил работу над релейной машиной фирмы «Белл», начатую в 1937 г. Машина выполняла арифметические операции над комплексными числами в двоично-пятеричной системе их представления. Это был релейный интерпретатор, управляемый программной перфокартой. Эксперимент по управлению на расстоянии вычислительной машиной «Белл-1» был проведен в 1940 г. В 1942 г. Дж. Стибиц сконструировал вычислительное устройство с программным управлением «Белл-2».

К первым универсальным ЦВМ с программным управлением на электромеханических элементах относят также машины, разработанные в

Германии К. Зюсом к 1941 г. – «Зюс-2» и «Зюс-3». Машина «Зюс-3» была релейной, для нее был разработан язык программирования, она использовалась при расчетах ракет.

В конце 30-х гг. С.А. Лебедев (1902–1974 гг.) в Институте электротехники АН УССР приступил к конструированию ЭВМ, работающей в двоичной системе счисления. В 1941 г. работа была прервана.

Одной из наиболее совершенных релейных вычислительных машин была советская машина РВМ-1, сконструированная в начале 50-х гг. выдающимся инженером Н.И. Бессоновым (1906–1963 гг.) и построенная в 1956 г. Эта машина успешно работала до 1966 г.

Главными недостатками релейных машин являлось отсутствие хранимой программы, что обуславливалось небольшим объемом оперативной памяти, и невысокая скорость работы, вызванная низким быстродействием электромеханических релейных переключателей.

## **2. ЗАРОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАТИКИ**

### *Содержание:*

Технические и социальные предпосылки. Изобретение лампового триггера (М.А. Бонч-Бруевич, 1918). Электронные счетчики импульсов. Рост объемов необходимых вычислений в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Первые проекты ЭВМ. Работающая модель машины Атанасова–Берри (1939) и постройка опытного образца (1939–1942). Памятная записка Г. Шрейера (1939) и постройка арифметического устройства (1942) Г. Шрейером и К. Цузе. Машины «Колосс» (1943) и «Колосс Марк-2» (1944). Дж. Маучли (1942) и постройка ЭНИАК (1943–1945). Концепция машины с хранимой программой Дж. фон Неймана (1946). Первые несерийные ЭВМ с хранимой программой. Проект АКЕ (А. Тьюринг). США: работы над проектами ЭДВАК и ИАС с участием Дж. фон Неймана и их влияние на развитие ЭВМ; машины СЕАК, БИНАК, ЭРА-1101, «Вихрь» (1950). СССР: независимое развитие и сходные результаты. Роль С.А. Лебедева. Машины МЭСМ (1951) и БЭСМ (1952). И.С. Брук. Машины М-1 (1951) и М-2 (1952). Зарождение программирования. Программирование на языке машины и в символьных обозначениях. Метод библиотечных подпрограмм (М. Уилкс, 1951). Планкалькюль К. Цузе (1945). Операторный метод программирования (А.А. Ляпунов, 1952–1953). Концепция крупноблочного программирования (Л.В. Канторович, 1953–1954).

*Литература:* [2], [3], [6], [8], [10], [20], [26]–[28], [30], [38], [40].

## 2.1. Первые проекты ЭВМ. Компьютер Атанасова–Берри

Долгое время создателями первой в мире ЭВМ считались американцы Дж. Маучли и Дж. Эккерт. Однако их приоритет был оспорен в 1973 г. американским ученым болгарского происхождения Джоном В. Атанасовым (1903–1995).

В середине 30-х годов Джон Винсет Атанасов задумывается над проблемой автоматизации решения больших систем линейных алгебраических уравнений. Аналоговые методы решения с помощью дифференциального анализатора Ванневара–Буша его не удовлетворяли из-за недостаточной точности, а устройства, реализующие цифровой подход, не существовали. Он пытался модифицировать калькулятор фирмы IBM для решения систем уравнений, но из-за сложности работы вскоре отказался от этого.

Идеи и принципы создания цифрового компьютера к нему пришли, как он вспоминает, зимним вечером 1937 года в придорожной таверне. В поздние годы он сформулировал суть этих принципов:

- в своей работе компьютер будет использовать электричество и достижения электроники;
- его работа будет основана на двоичной, а не десятичной системе счисления;
- основой запоминающего устройства будут служить конденсаторы;
- будут использованы логические электронные схемы.

Для реализации проекта ему нужен был талантливый изобретатель, очень хорошо знающий электронику. Атанасов обратился к декану инженерного факультета с просьбой порекомендовать ему выпускника электротехнического отделения, хорошо знающего электронику. Ни минуты не колеблясь, декан предложил ему Клиффорда Эдварда Берри, блестящего, трудолюбивого, многообещающего ученого, уже имеющего впечатляющий перечень наград и достижений. Они встретились, и родилась команда Атанасов и Берри, а в ноябре 1939 года появились наброски компьютера Атанасова–Берри – ABC (Atanasof–Berry Computer). Проектирование и конструирование компьютера осуществлялось с конца 1939 года до середины 1942 года.

Что же представлял собою компьютер ABC? Вот, что пишет об этом Клиффорд Берри Р. Ричардсу в письме, датированном 30 апреля 1963 года: «Машина была сконструирована с единственной целью, а именно – для решения больших систем линейных алгебраических уравнений (до  $30 \times 30$ ). В ней использована двоичная арифметика, длина слова составляла 50 бит. Основной метод решения (метод Гаусса) заключался в последовательном исключении коэффициентов из пар

уравнений с тем, чтобы сократить первоначальную квадратную матрицу до треугольной. Так как внутренняя память компьютера одновременно сохраняла коэффициенты двух уравнений, промежуточные результаты (т.е. единые уравнения, результирующие из линейной комбинации двух для сокращения на единицу количества переменных) хранились на специальных перфокартах, каждая из которых содержала тридцать 50-разрядных двоичных чисел. Эти перфокарты затем снова считывались машиной на последующем этапе процедуры. Перфокарта перфорировалась или считывалась в течение одной секунды, но вставлять ее надо было вручную. Максимальное время, которое требовалось в худшем случае машине для исключения переменной между двумя уравнениями, составляло около 90 секунд, а в среднем гораздо меньше.

В машину входило два запоминающих устройства – по одному для коэффициентов каждой из пар скомбинированных уравнений. Эти запоминающие устройства состояли из вращающихся барабанов, с прикрепленными маленькими конденсаторами, каждый из этих конденсаторов был подключен к небольшому латунному контакту на поверхности барабана. Пять шестых периферийной поверхности барабана было занято этими контактами (30 рядов по 50 контактов в каждом), а шестая часть оставалась пустой, предоставляя время для других операций. Барабаны приводились в движение редукторным синхронным двигателем, обеспечивающим скорость 1 об/мин. Таким образом, скорость прохождения контактов мимо считывающей щетки составляла 60 в секунду.

Полярность заряда на конденсаторе указывала «единицу» или «ноль», и каждый конденсатор сразу же после считывания перезаряжался, чтобы заряд никогда не оставался на нем более одной секунды. Все слова обрабатывались параллельно, но внутри каждого слова цифры обрабатывались последовательно. Интересно отметить, что прежде чем проектировать память на конденсаторах, мы серьезно рассматривали идею использования магнитных барабанов, но отказались от нее из-за низкого уровня сигналов.

Имелось 30 идентичных арифметических устройств, которые по существу были двоичными сумматорами. Каждое состояло из серии электровакуумных ламп с прямой связью (семь сдвоенных триодов), соединенных между собой таким образом, что они выполняли двоичное сложение. Каждое устройство имело три входа (два – для складываемых или вычитаемых чисел и один – для переноса с предыдущего места) и два выхода (один – для результата на том месте, а другой – для переноса на другое место).

Первоначальный ввод данных в машину осуществлялся с помощью карт ТЭЛ, которые считывались специальным устройством описанной

конструкции. На каждой карте имелось пять 15-разрядных десятичных чисел, которые считывались в течение 15 секунд. Машина выполняла преобразование десятичных чисел в двоичные при помощи вращающегося барабана (в заднем левом углу машины), на котором находились контакты, представляющие двоичные эквиваленты 1,2–9,10,20 –  $9 \times 14$ . На выходе для обратного преобразования использовался тот же аппарат в обратном порядке и на механическом счетчике появлялся десятичный результат».

И далее Клиффорд Берри пишет, что «единственным крупным узлом, не законченным к моменту прекращения работы в середине 1942 года, была схема считывания для двоичных карт. Основная вычислительная часть машины была закончена и работала более года, но от нее было мало толку без средств для хранения промежуточных результатов».

Первая встреча Атанасова с Джоном Маучли, физиком из колледжа Урсинуса, в Пенсильвании, произошла в декабре 1940 году, когда Атанасов все еще работал над улучшением ABC. Оба этих человека посещали собрание Американской ассоциации прогресса науки на территории университета Пенсильвании. Маучли прочитал лекцию о возможности использования аналоговых компьютеров для решения проблем метеорологии, он обсуждал использование гармонического анализатора, который построил при изучении некоторых погодных явлений. Атанасов был в аудитории. Подождав, пока все остальные поговорили с Маучли после лекции, Атанасов представился как некто, интересующийся компьютерами, особенно цифровым компьютером. Он потом рассказал Маучли о его незаконченной машине, компьютере, использующем электронные лампы, и о том, что, они, возможно, будут иметь большое влияние на цифровые компьютеры. Атанасов пригласил Маучли приехать в Айову посмотреть ABC.

Маучли принял приглашение в июне 1941 года. Он и его сын были в доме Атанасова, гостили несколько дней, в течение этого времени двое мужчин без конца говорили о компьютерах. Маучли рассматривал документацию, а Берри бегло показывал короткую демонстрацию ABC. Машина могла решать 29 одновременных уравнений с 29 переменными. Дж. Маучли попросил один экземпляр документации домой, но Атанасов отказал.

В сентябре 1941 года, Маучли написал Атанасову письмо, в котором спрашивал, возможно ли будет построить один «Атанасов калькулятор» в инженерной школе Мура при университете Пенсильвании. Отвечая, Атанасов сообщал, что хочет, чтобы ABC оставалось секретным, по крайней мере, до тех пор, пока не будет подана заявка на патент.

## 2.2. Компьютер ЭНИАК (ENIAC)

Большинство учебников и энциклопедий первым «настоящим» компьютером называют лампово-релейный ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), заработавший в декабре 1945 года в университете штата Пенсильвания. Конструкторы – Джон Преспер Эккерт и Джон Маучли – были подробно знакомы с устройством Атанасова и заимствовали некоторые его идеи. ENIAC имел также много общего с Марк-1, но работал примерно на три порядка быстрее. До появления ENIAC квалифицированному оператору настольного калькулятора требовалось около 20 часов, чтобы получить приемлемые результаты вычисления траектории. То же самое вычисление занимало 20 минут на дифференциальном анализаторе, а наиболее сложный на то время компьютер ENIAC мог выполнить это вычисление траектории всего за 30 секунд.

Как выяснилось относительно недавно, в Великобритании в июне 1944 года начал работать модифицированный вариант вычислительного устройства Colossus, функционально ни в чём не уступавший ENIAC, но имевший гораздо более скромные размеры. Компьютер Colossus создавался для вскрытия шифрованной иностранной переписки, и сам факт его существования более полувека оставался тайной. Эта машина была для своего времени бесспорным чудом, но долгое время о ней знали лишь по слухам и фрагментарным воспоминаниям людей, так или иначе соприкасавшихся с важной тайной Второй мировой войны.

Первые компьютеры решали узкие задачи: ENIAC был предназначен (как и Марк-1) для расчёта баллистических таблиц, Colossus для поиска шифров в кодированных сообщениях. Затраты на постройку и эксплуатацию обоих компьютеров были астрономическими и позволить себе их могли только военные. Тем не менее, по своей архитектуре (устройству и принципам работы) Марк-1, ENIAC и Colossus имели мало общего с современными компьютерами, они были скорее гигантскими программируемыми калькуляторами.

В компьютере ENIAC 10 вакуумных триодов соединялись в кольцо, образуя десятичный счетчик (который исполнял роль счетного колеса механической машины), 10 таких колец плюс 2 триггера для представления знака образовывали запоминающий регистр. Всего ENIAC имел 20 регистров, каждый из которых был снабжен схемой передачи десятков и мог быть использован для операций суммирования и вычитания. Другие арифметические операции выполнялись в специализированных блоках. Числа передавались из одной части машины в другую посредством 11 проводников, по одному для каждого десятичного разряда и для знака. Значение передаваемой цифры

равнялось числу импульсов, прошедших по данному проводнику. Работой отдельных блоков машины управлял задающий генератор, который определял последовательность тактовых и синхронизирующих импульсов, эти импульсы «открывали» и «закрывали» соответствующие электронные блоки машины. Ввод чисел в машину производился с помощью перфокарт, а последовательность выполнения операций задавалась с помощью курбелей и коммутационных полей, как на АТС.

Размеры ENIAC впечатляли. Он весил 30 тонн, содержал в себе 18 тысяч вакуумных ламп, 70 тысяч резисторов, 10 тысяч конденсаторов, 7200 диодов, 1500 реле, наборное поле составляли 6000 переключателей. Он занимал площадь около 200 м<sup>2</sup> и потреблял мощность 160 кВт. ENIAC был неуклюжим по сравнению с более поздними компьютерами.

### **2.3. США: работы над проектами ЭДВАК и ИАС с участием Дж. фон Неймана и их влияние на развитие ЭВМ**

Следующая модель – машина ЭДВАК (EDVAC, от Electronic Discrete Variable Automatic Computer – электронный дискретный переменный компьютер) – была еще более гибкой. Ее более вместительная внутренняя память содержала не только данные, но и программу. Алгоритмы вычислений теперь не «зашивались» в схемы аппаратуры, а записывались электронным способом в специальные устройства памяти. ЭДВАК кодировал данные не в десятичной системе, а в двоичной, что позволило значительно сократить количество электронных ламп.

В августе 1944 г. к группе, в условиях строжайшей секретности разрабатывавшей ENIAC и проводящей работу над машиной EDVAC, способной хранить программы в памяти, присоединился (в качестве консультанта) математик *Джон фон Нейман*. Менее чем через год фон Нейман подготовил 100-страничный доклад о плане работы над перспективной машиной EDVAC. Документ был, разумеется, секретным и назывался «Первый проект отчёта о EDVAC». Он представлял собой прекрасное описание не только самой машины, но и ее логических свойств. К ужасу Дж. Маучли и Дж. П. Эккерта Г. Голдстейн присутствовавший на докладе в качестве военного представителя, размножил копию документа и под авторством Неймана разослал его нескольким учёным в США и Великобритании. Доклад стал широко известен и превратился в первую классическую работу по проектированию компьютеров. Изложенные в нём идеи создателей компьютера ENIAC, их предшественника Джона Винсента Атанасова и даже Алана Тьюринга были приписаны фон Нейману. Маучли и Эккерт подали на Неймана в суд, но в итоге правды они не добились, и им

пришлось уйти из минобороны и основать собственную фирму. Проект EDVAC был реализован в 1950 г.

Таким образом, долгое время именно Джон Фон Нейман считался основоположником современной компьютерной архитектуры. Описанный в знаменитом докладе компьютер имел:

1. Специальные органы для выполнения простейших арифметических функций (сложение, вычитание, деление и умножение).

2. Логическое управление осуществлялось одним центральным контролирующим блоком.

3. Компьютер имел большой объём памяти для того, чтобы выполнять длинные последовательности команд.

4. Органы для передачи информации от внешнего носителя к центральной арифметической части, к контролирующему блоку, а также к памяти (т.е., устройство ввода).

5. Органы для передачи информации из арифметической, контролирующей частей и памяти на внешнее записывающее устройство (т.е., устройство вывода).

В основу его работы были положены следующие принципы:

1. Принцип программного управления, согласно которому программа состоит из набора последовательно выполняемых команд;

2. Принцип однородности памяти, когда программа и данные для неё хранятся в одном запоминающем устройстве (оперативной памяти, говоря современным языком;

3. Принцип адресности, по которому (оперативная) память состоит из пронумерованных ячеек, в любой момент доступных для считывания (процессором).

Машина должна была работать только с целочисленной математикой, а ввод и вывод данных происходил бы непосредственно через арифметическое устройство, а не через шину, как у современных компьютеров. Тем не менее, считается, что эти теоретические предпосылки послужили основой для дальнейшего развития вычислительной техники в США и Великобритании.

Из-за споров с Институтом Мура по авторским правам на изобретения, в марте 1946 года проект EDVAC покинули Эккерт и Маучли, и Фон Нейман решил вернуться в Институт перспективных исследований (IAS), где хотел продолжить работы над новым научным направлением – электронными вычислительными машинами и их применением в науке. Фон Нейман предложил создать IAS-машину (ИАС) как опытный образец, на котором будут обрабатываться различные способы вычислений и технологии. По образу и подобию IAS-машины различные учреждения, испытывающие нужду в компьютерах, будут

строить свои машины, экономя таким образом свои средства на изыскания.

В июле 1946 года Бёрксом, Голдстайном и фон Нейманом была написана знаменитая монография под названием «Предварительное рассмотрение логического устройства электронного вычислительного прибора», которая подробно описала устройство и технические характеристики будущего компьютера, которые позднее стали носить название «архитектура фон Неймана». Эта работа развивала идеи, изложенные фон Нейманом в мае 1945 года в рукописи под названием «Первый проект отчёта о EDVAC». В той рукописи, которая не предназначалась для широкой публикации, фон Нейман описывал лишь логическую структуру «идеального» компьютера, в работе же «Предварительное рассмотрение» были описаны все технические подробности.

Главной инженерной проблемой при создании компьютера оказалась проблема с оперативной памятью. Было решено не использовать ртутные линии задержки, как это было сделано в конкурирующем проекте EDVAC. Для требуемой высокой скорости работы IAS-машины (2000–4000 умножений в секунду) память должна была быть с произвольным доступом. Ртутные же линии задержки делали память последовательной и медленной.

Официальный торжественный запуск IAS-машины был произведён 10 июня 1952 года, но машина была доступна для проведения вычислений с весны 1951 года. Первую свою большую задачу машина решила летом 1951 года для Лос-Аламосской национальной лаборатории. Весь 1952 год компьютер работал в две-три смены до середины 1953 года. В декабре 1953 года его разобрали и перевезли в другое более просторное и хорошо охлаждаемое помещение. В 1954 году к компьютеру добавили графический дисплей с 7-дюймовую ЭЛТ 512×512 точек, в 1955 – новый более объёмный магнитный барабан.

В начале 1950-х годов с вступлением СССР в ядерную гонку резко возросла потребность правительства США в вычислительных машинах. Не дожидаясь завершения IAS-машины, были построены по её образцу машины MANIAC в Лос-Аламосской национальной лаборатории и AVIDAC – в Аргоннской национальной лаборатории. Благодаря накопленному опыту при создании IAS-машины, создателям MANIAC и AVIDAC удалось избежать множества ошибок и тупиковых решений и запустить свои компьютеры на несколько месяцев раньше своего прародителя. Сама же IAS-машина тоже стала рассматриваться как инструмент для проведения срочных вычислений по оборонной тематике, несмотря на то, что она строилась как экспериментальный прототип.

## 2.4. Операторный метод программирования (А.А. Ляпунов)

А.А. Ляпунов был одним из первых, кто оценил значение кибернетики и стал активным организатором исследований по кибернетике в нашей стране. Работы А.А. Ляпунова посвящены разработке общих вопросов кибернетики, математическим основам программирования и теории алгоритмов, математической лингвистике и машинному переводу, кибернетическим вопросам биологии, а также философским и методологическим вопросам развития научной мысли. Им создан операторный метод программирования, который получил широкое распространение в реальном программировании и оказал огромное влияние на все последующее развитие теории программирования. С осени 1952 г., А.А. Ляпунов работает на механико-математическом факультете МГУ в качестве профессора кафедр математической логики и вычислительной математики. В 1953 г. он организует в МГУ семинар по программированию, в 1954 г. – семинар по исследованию проблем расширения возможных областей применения вычислительных машин.

Официальное признание заслуг А.А. Ляпунова в отечественной науке произошло в 1964 году присвоением ему звания члена-корреспондента Академии Наук СССР. Международное признание заслуг А.А. Ляпунова выразилось в присуждении ему в 1996 году медали Computer Pioneer одной из самых авторитетных профессиональных организаций в сфере высоких технологий – IEEE Computer Society. Медаль А.А. Ляпунову украшает надпись: «Компьютерное общество признало А.А. Ляпунова основателем советской кибернетики и программирования».

В программировании А.А. Ляпуновым заложены его основы – создан операторный метод. Концепции операторного метода формировались в процессе чтения А.А. Ляпуновым лекционного курса «Принципы программирования» для студентов механико-математического факультета МГУ (1952–53 учебный год). Из слушателей этого курса выросли первые составители отечественных трансляторов – А.П. Ершов, Э.З. Любимский и многие видные представители программирования. Сам лекционный курс был опубликован только в 1958 году в достаточно урезанном виде.

Операторный метод программирования А.А. Ляпунова заключался в автоматизации программирования, а алгоритм решения задачи представлялся в виде совокупности операторов, образующих логическую схему задачи. Схемы позволяли расчлнить громоздкий процесс составления программы, части которой составлялись по формальным правилам, а затем объединялись в целое. Для проверки идей операторного метода в СССР в 1954 г. была разработана первая программирующая

программа ПП-1, а в 1955 г. более совершенная – ПП-2. В 1956 г. разработана ПП БЭСМ, а в 1958 г. – ПП для машины «Стрела».

В операторном методе А.А. Ляпунов исходил из необходимости нового подхода к определению алгоритма: традиционные модели теории алгоритмов (машины Тьюринга, продукции Поста, нормальные алгоритмы Маркова) хороши для исследования природы вычисления, но непригодны для описания алгоритмов в форме, удобной для решения практических задач.

Операторный метод базируется на следующих концепциях:

- Ввести новое понятие алгоритма-программы как объекта математической модели вычислений.

- Изучать для таких алгоритмов проблему эквивалентности и проблему эквивалентных преобразований, обращаясь к схемам алгоритмов, игнорирующим некоторые особенности самих алгоритмов-программ; т.е. создать другую математическую модель вычислений, объектами которой являются схемы программ.

Операторный метод содержит лишь неформальные определения программы и её схемы. Формализация понятия схемы была выполнена Ю.И. Яновым, в ту пору являвшимся аспирантом А.А. Ляпунова, и вошла в теорию схем программ под названием схем Янова. Разрешимость для них проблемы эквивалентности и проблемы эквивалентных преобразований, установленная Ю.И. Яновым, стала первым результатом в теории схем программ. Следует отметить, что этот результат оставался почти незамеченным программистами десятков лет. Внимание к нему появилось благодаря его интерпретации, выполненной А.П. Ершовым. Немалую роль здесь сыграло введённое А. П. Ершовым описание схемы в виде конечного ориентированного графа с размеченными вершинами и дугами.

### **3. РАЗВИТИЕ ЭВМ И СИСТЕМНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

*Содержание:*

Поколения ЭВМ. Обоснование критерия периодизации. Характеристика поколений по схеме: технические параметры, классы машин и сфера их применения, языки программирования и математическое обеспечение ЭВМ, архитектурные особенности, элементная база, парк ЭВМ. Особенности смены поколений и развития электронной вычислительной техники в России. Проекты ЭВМ исторического значения – международного и национального. Гамма-60 (Франция, 1959), Стретч (США, 1961), Атлас (Великобритания, 1962), СДС-6600 (США, 1964), БЭСМ-6 (СССР, 1967), ИБМ-360 (США, 1965–1969), Иллиак-4 (США, 1972), Крей (США, 1976), японский проект ЭВМ

пятого поколения (1980). Тенденции и закономерности развития. Эволюция технических и технико-экономических характеристик ЭВМ. От программирующих программ к системам программирования. Тенденции в области системного программирования, архитектуры и структуры ЭВМ. Общие закономерности развития средств переработки информации.

*Литература:* [1], [3], [5], [7], [8], [10], [14], [15], [24].

### **3.1. Проекты ЭВМ исторического значения – международного и национального**

Во втором поколении компьютеров (1955–1964) вместо электронных ламп использовались транзисторы, а в качестве устройств памяти стали применяться магнитные сердечники и магнитные барабаны – далекие предки современных жестких дисков. Все это позволило резко уменьшить габариты и стоимость компьютеров, которые тогда впервые стали строиться на продажу. В третьем поколении ЭВМ (1965–1974) впервые стали использоваться интегральные схемы – целые устройства и узлы из десятков и сотен транзисторов, выполненные на одном кристалле полупроводника (то, что сейчас называют микросхемами). В это же время появляется полупроводниковая память, которая и по всей день используется в персональных компьютерах в качестве оперативной.

В эти годы производство компьютеров приобретает промышленный размах. Прорывшаяся в лидеры фирма IBM первой реализовала семейство ЭВМ – серию полностью совместимых друг с другом компьютеров от самых маленьких, размером с небольшой шкаф, до самых мощных и дорогих моделей. Наиболее распространенным в те годы было семейство System/360 фирмы IBM, на основе которого в СССР была разработана серия ЕС ЭВМ.

Приведем краткую информацию о некоторых наиболее известных проектах ЭВМ того времени.

Французской компанией Bull в 1960 году был представлен компьютер *Гамма-60*. Проект начал разрабатываться в 1957 году. В конце 1950-х компании Bull противостоял очень мощный конкурент – IBM. Компания не хотела, чтобы её крупные клиенты использовали появляющиеся в США компьютеры IBM (IBM 704, IBM 705 и т.д.) и начала разработку нового компьютера. Клиенты компании были не в состоянии описать свои потребности в вычислительных мощностях, но ждали чего-то нового от производителя. Компьютер строился полностью за счет средств Bull и не получал государственных субсидий.

По плану компьютер должен был совпадать по производительности с IBM 709. Было так же отмечено, что некоторые автономные операции должны были выполняться периферией, а не нагружать центральный

процессор. У Bull был большой опыт в области электромеханических технологий, но они никогда не работали с транзисторами. Официальный анонс Гамма-60 состоялся в 1960 году, но крупные клиенты узнали о компьютере гораздо раньше. Для Гамма-60 была написана операционная система GGZ. GGZ была небольшой резидентной ОС на магнитной ленте, содержащей загрузчик, таблицу ресурсов, обработчик ошибок и интерпретатор команд оператора. Загрузчик был способен инициализировать несколько переменных во время загрузки или же принять их от оператора.

Первый суперкомпьютер фирмы IBM, построенный на транзисторах – *IBM 7030*. Он также известен как проект *Stretch* (Stretch). Поставка первого компьютера состоялась в 1961 году. Вторая, специализированная версия IBM 7950 Harvest, была поставлена Агентству национальной безопасности в 1962 году.

IBM 7030 имел аппаратную поддержку работы с битовыми полями в машинном слове. Это позволяло работать с типами данных переменной длины. Целые числа могли быть переменной длины и хранились либо в двоичном (от 1 до 64 бит), либо в десятичном (от 1 до 16 цифр) знаковом или беззнаковом формате. Числа с плавающей запятой имели фиксированный формат. Алфавитно-цифровые символы были переменной длины и могли использовать любую кодировку короче 8 бит.

Хотя IBM 7030 оказался гораздо медленнее, чем ожидалось, он, тем не менее, был самым быстрым компьютером в мире с 1961 года до ввода в работу первого суперкомпьютера CDC 6600 в 1964 году. Несмотря на то, что Stretch не достиг заявленного уровня производительности, он послужил основой для многих архитектурных решений коммерчески чрезвычайно успешной системы IBM System/360, анонсированной в 1964 году. Первоначально руководитель проекта подвергся критике за свою роль в провале и был переведен в исследовательские лаборатории, но, когда успех серии 360 стал очевиден, ему были принесены официальные извинения.

Один из первых суперкомпьютеров *Атлас* (Atlas) был создан в Великобритании совместно Манчестерским университетом Виктории и компаниями Ferranti и Plessey. Atlas на момент создания был одним из самых производительных компьютеров в мире. Утверждалось, что каждый раз, когда Atlas останавливался для обслуживания, Великобритания теряла половину своей вычислительной мощности. Atlas относится ко второму поколению ЭВМ и построен на биполярных германиевых транзисторах. Первый экземпляр Atlas был собран и официально введен в эксплуатацию в Манчестерском университете в 1962 году, он прослужил до 1971 года. Были собраны еще две машины: одна для компании ВР и Лондонского университета, и одна для компьютерной

лаборатории Atlas (в 1975 году объединена с лабораторией Резерфорда–Эплтона) в посёлке Чилтон под Оксфордом. Эти машины использовались до 1974 года.

Для Кембриджского университета компанией Ferranti была создана модификация компьютера, названная Titan, позже ставшая известной как Atlas 2. Titan использовал другую организацию памяти и работал под управлением операционной системы с разделением времени, разработанной в компьютерной лаборатории Кембриджского университета. Было собрано два компьютера модификации Atlas 2.

На Atlas впервые были представлены многие программные концепции, которые используются по сей день, включая супервизор Atlas, рассматриваемый многими как первая узнаваемая современная операционная система. Одним из первых высокоуровневых языков программирования для компьютера стал Автокод Atlas, являвшийся вариантом языка Алгол. Также для Atlas были созданы компиляторы Алгола, Фортрана и Кобола. При их создании использовался такой инструмент как компилятор компиляторов, созданный Тони Брукером. Поскольку Atlas был университетским компьютером, его использовало множество студентов, получивших доступ к среде разработки машинного кода на машине с защитой памяти.

В это же самое время растёт производство компьютеров в СССР. Так в конце 1965 года завершена разработка *БЭСМ-6 (Большая Электронно-Счётная Машина)*. Главный конструктор – С.А. Лебедев, заместители главного конструктора – В.А. Мельников, Л.Н. Королёв. В 1968 году начал выпуск этой ЭВМ на заводе Счётно-аналитических машин (САМ) в Москве.

Машина БЭСМ-6 – быстродействующая машина, выполняющая около 1 млн. одноадресных операций в секунду. Она выполнена на полупроводниках, на элементной базе, допускающей высокую частоту переключений (основная тактовая частота – 10 МГц). По своим структурным характеристикам и архитектуре машина БЭСМ-6 вполне может быть отнесена к машинам 3-го поколения, хотя она и выполнена не на интегральных схемах, а на технологической основе машин второго поколения.

Основная цель, которую преследовали авторы проекта машины БЭСМ-6, была такова: создать быстродействующую серийную машину, сравнительно дешёвую, удовлетворяющую наиболее важным современным требованиям с точки зрения автоматизации программирования и развития операционных систем, оснащённую имеющимися в то время в отечественном серийном производстве внешними запоминающими устройствами и устройствами ввода-вывода. Машина предназначалась для использования в крупных вычислительных

центрах для решения научных и экономических задач, требующих большого объема вычислений. Как показало время, эта цель была достигнута. Машина БЭСМ-6 стала производиться серийно, и круг заказчиков этой машины продолжал расти. Сферами ее применения оказались научно-исследовательские институты, университеты, крупные конструкторские бюро.

В течение нескольких лет БЭСМ-6 была самой высокопроизводительной ЭВМ в Европе. Модернизированная БЭСМ-6, работая в 1975 году в составе вычислительного комплекса, в ходе космического полёта «Союз-Аполлон» обрабатывала данные по траектории полёта за 1 минуту, в то время как американская сторона на такой расчёт тратила 30 минут. Тем не менее, в декабре 1977 года в Министерстве радиопромышленности СССР было принято решение прекратить разработки собственных вычислительных систем и использовать разработки американских компьютерных фирм IBM и Digital Equipment, адаптировав их к советской элементной базе.

В США в апреле 1964 года было анонсировано семейство компьютеров класса мейнфреймов *IBM System/360 (S/360)*. Это был первый ряд компьютеров, в котором проводилось чёткое различие между архитектурой и реализацией. В отличие от предыдущих серий, IBM создала линейку компьютеров, от малых к большим, от низкой к высокой производительности, все модели которой использовали один и тот же набор команд (с двумя исключениями из правила – для специфичных рынков). Эта особенность позволяла заказчику использовать недорогую модель, после чего обновиться до более крупной системы, с ростом компании – без необходимости переписывать программное обеспечение. Для обеспечения совместимости IBM впервые применила технологию микрокода, который применялся во всех моделях серии, кроме самых старших.

Дальнейшим развитием IBM/360 стали системы 370,390 и System z. Архитектура IBM/360 была настолько удачной, что стала промышленным стандартом вплоть до сегодняшнего дня. Многие другие фирмы стали выпускать совместимые с IBM/360 компьютеры, например, семейство 470 фирмы Amdahl, мейнфреймы Hitachi, UNIVAC 9200/9300/9400 и др. В СССР аналогом IBM/360 были машины серии ЕС ЭВМ.

Благодаря широкому распространению IBM/360, изобретённые для неё 8-битные символы и 8-битный байт как минимально адресуемая ячейка памяти стали стандартом для всей компьютерной техники. Также IBM/360 была первой 32-разрядной компьютерной системой. Шестнадцатеричная система счисления, широко применявшаяся в документации IBM/360, практически вытеснила ранее доминировавшую восьмеричную.

Старшие модели семейства IBM/360 и последовавшее за ними семейство IBM/370 были одними из первых компьютеров с виртуальной памятью и первыми серийными компьютерами, поддерживающими реализацию виртуальных машин. В семействе IBM/360 впервые был использован микрокод для реализации отдельных команд процессора

В начале 70-х годов в США был запущен проект по разработке ЭВМ *Иллиак-4*. В первоначальном варианте в её составе планировалось использовать 256 устройств обработки данных, выполненных на монолитных интегральных схемах. Позднее проект был изменен, из-за довольно высокой стоимости (более 16 миллионов долларов). Число процессоров пришлось сократить до 64, а также перейти к интегральным схемам с малой степенью интеграции. Сокращенный вариант проекта был завершен в 1972 году, номинальное быстродействие Иллиак-4 составило 200 миллионов операций в секунду. Почти год этот компьютер был рекордсменом в скорости вычислений.

Сфера применения компьютеров всё больше расширялась. Теперь уже не только ученые могли рассчитывать на доступ к вычислительной технике; компьютеры все чаще стали включаться в информационные системы или системы планирования и управления производством, а некоторые крупные фирмы даже компьютеризировали свою бухгалтерию. Компьютеры выступили в качестве очевидного рычага промышленной революции.

### **3.2. От программирующих программ к системам программирования**

Трансляция – это область, с которой начиналось системное программирование. Первыми программами, принадлежащими системному программному обеспечению, были те или иные трансляторы – ассемблеры и автокоды на Западе и программирующие программы (ПП) в СССР.

Возникновение первых идей по трансляции обязано простому соображению: так как программа хранится, как и данные, то она может быть аргументом или результатом некоторых алгоритмов, которые реализуют те или иные аспекты конструирования программ. Начальные идеи по трансляции были выдвинуты в 1952 году, на самом раннем этапе развития программирования. В этом году Х. Рутисхаузер опубликовал работу, в которой изложил идею о том, что по естественной записи арифметического выражения можно построить эквивалентный ей фрагмент машинного кода. Эта работа дала толчок к возникновению процессоров, в своем входном языке допускающих естественную запись выражений.

А.А. Ляпунов в те же годы атаковал проблему с другой стороны. Он заметил, что структура программы включает в себя операторы из небольшого набора типовых операторов и может быть представлена формально в виде строки, соответствующей последовательности операторов программы. На языке операторных схем программа представляется как схема, соответствующая управляющему графу программы, и совокупность спецификаций каждого оператора. Понятие программы как некоторой операторной структуры, взгляд на программу сверху, было революционной идеей, которая практически сразу же легла в основу первых отечественных трансляторов.

### ***3.2.1. Программирующие программы***

Первые отечественные трансляторы носили мнемоническое название программирующих программ. В основе входного языка каждой из программирующих программ лежал общий концептуальный базис, фиксирующий типы операторов и общую идею их спецификации. Унификация языков не ставилась как практическая задача.

Типы операторов соответствовали подавляющему большинству решаемых тогда задач, а именно – вычислительным задачам. Выделялись арифметические операторы, ведущие вычисление по формулам, логические операторы, осуществляющие управление счетом, операторы переадресации, позволяющие переходить к следующему значению индекса (и обратные им операторы восстановления), все же неарифметические вычисления объединялись в так называемые нестандартные операторы, для которых спецификацией был их машинный код. Специального подязыка описания данных, зачатки которого появились в более поздних языках Фортран и Алгол, не существовало.

Начиналось все с ПП-1. Молодые тогда программисты С.С. Камынин и Э.З. Любимский исследовали реализуемость операторных схем и возможность автоматического построения соответствующих машинных программ. Это было самое начало, и то, что стало очевидным и даже тривиальным сейчас, считалось тогда проблематичным. Законченная в 1954 году программирующая программа ПП-1, являлась одним из первых в мировой практике транслятором и имела самый высокий уровень входного языка. Успешное решение проблемы реализуемости операторных схем как входного языка программирующих программ, осуществленное в ПП-1, дало толчок для двух проектов, разработанных для двух основных тогда отечественных машин – Стрела и БЭСМ.

Программирующая программа ПП-2, созданная под руководством М.Р. Шура-Буры в 1955 г. для машины Стрела-1, основывалась на ПП-1 как прототипе. Разработчиками были И.Б. Задыхайло,

С.С. Камынин, Э.С. Луховицкая, Э.З. Любимский и В.С. Штаркман. В ПП-2 были усовершенствованы алгоритмы трансляции и уделено заметное внимание оптимизации программ – экономии выражений, оптимальному сочетанию переадресации и восстановления (иначе говоря, наилучшей реализации вычисления индексных выражений), оптимальному отведению памяти для так называемых рабочих ячеек. Это был первый оптимизирующий транслятор.

ПП для БЭСМ, разработанная Л.П. Ершовым, Л.Н. Королевым, В.М. Курочкиным, Л.Д. Паниной и В.Д. Поддерюгиным, развивала входной язык программирующих программ. Во-первых, она объединяла схему и спецификацию операторов в одном тексте, во-вторых, был введен первый структурный оператор, а именно – столь существенный оператор цикла (соответствующий современным циклам с параметром).

В этих двух системах была проделана большая работа по созданию фундаментальных алгоритмов трансляции, таких как программирование арифметических выражений, реализация условий переходами и т.п. с использованием идей и алгоритмов этих работ была развернута деятельность по созданию следующего слоя программирующих программ.

Следующие программирующие программы создавались в 1957–58 гг. для различных модификаций ЭВМ Стрела. Серийного производства ЭВМ как такового тогда не существовало, и все производимые экземпляры Стрелы расходились в деталях архитектуры. ПП-2 послужила идейной основой двух проектов – ПП для Стрелы-4 (разработчики Н.М. Ершова, Е.Л. Жоголев, Т.С. Росляков, Н.П. Трифионов и др. при идейном руководстве М.Р. Шура-Буры) и ПП для Стрелы-7 (разработчики Л.М. Бухтияров, Л.В. Войтишек, Н.Л. Криницкий, Л.Л. Левина, И.В. Поттосин, Г.Д. Фролов). Важно отметить, что первая из них представляла собой зачаток настоящей системы программирования: помимо собственно транслятора она содержала систему сборки модулей и некоторые средства отладки. Транслятор получал такие фрагменты объектной программы, которые позже станут называться модулями, а система сборки создавала программу из оттранслированных модулей и библиотечных программ.

ПП для Стрелы-3 (разработчики Т.М. Великанова, А.П. Ершов, К.В. Ким, В.М. Курочкин, Ю.А. Олейник-Овод, В.Д. Поддерюгин) создавалась под идейным влиянием ПП БЭСМ. В ней был реализован ряд идей, новых тогда, но ставших классическими сейчас – табличный подход к синтаксическому анализу, оптимальное (по числу рабочих переменных) программирование арифметических выражений. А.П. Ершовым был независимо (и практически одновременно с Петерсеном) изобретен метод

хеширования, который применялся к экономии арифметических выражений.

С трансляции начиналось не только системное, но и теоретическое программирование. Именно работы по входным языкам (операторным схемам) и трансляторам (программирующим программам) послужили толчком к созданию первой математической модели программ – схемам Янова.

### *3.2.2. Алголовские трансляторы*

Советские работы 1953–58 гг. развивались независимо от мирового опыта. Практически параллельно с отечественными работами появились серьезные труды по трансляции и в США. Реальное привлечение мирового опыта к отечественным разработкам по трансляторам началось с возникновением Алгола, точнее – Алгола-58.

Параллельно с работами по программирующим программам развивался и подход к автоматизации программирования с помощью библиотек стандартных программ. Е.А. Жоголевым была разработана стандартная составляющая программа – СОН, которая осуществляла статическую загрузку и связывание стандартных программ из достаточно обширной библиотеки, был предложен достаточно амбициозный проект организации библиотеки и подключения подпрограмм. Кульминацией этого подхода было создание М.Р. Шура-Бурой интерпретирующей системы (ИС) ИС-2, которая использовалась повсеместно на новых машинах М-20 и учитывалась всеми трансляторами нового поколения. В ИС-2 был весьма эффективно реализован способ динамического подключения библиотечных подпрограмм. ИС-2 реализовывала некоторые функции будущих операционных систем, осуществляя динамическое связывание, подкачку и смену используемых подпрограмм, причем все это делалось с небольшими накладными расходами и весьма скромными запросами на память. Высокая эффективность ИС-2 и хорошо продуманный интерфейс с основной программой сделали ее (как и положено операционной системе) неотъемлемой частью комплекта поставки ЭВМ.

Новым шагом в развитии направления трансляции стало создание совокупности алголовских трансляторов для появившейся массовой (и уже серийно производившейся) машины М-20. Алгол-60 был качественно новым языком, ставившим ряд новых важных задач. Вместе с тем в стране уже был накоплен багаж базовых идей и созданы коллективы высокопрофессиональных специалистов в области трансляции, что привело к возникновению оригинальных и широко использовавшихся систем программирования.

При всех своих достоинствах программирующие программы не имели достаточно широкого практического использования: даже при их наличии почти во всем множестве архитектур, существовавшем в стране, доля программирования непосредственно в машинном языке была преобладающей. Переход к современному стилю программирования на языках программирования высокого уровня был осуществлен благодаря созданию первых алголовских трансляторов.

Работы над этими трансляторами (ТА-2, ТА-1 и Альфа) начались практически сразу после публикации завершеного международной рабочей группой описания языка. Трансляторы ТА-1 и ТА-2 были завершены в 1963 г., т.е. практически одновременно с другими известными западными работами – П. Наура и Э. Дейкстры. Транслятор Альфа ввиду объемности реализации был завершен годом позже.

Транслятор ТА-2 (разработчики И.Х. Зусман, С.С. Камынин, Д.А. Корягин, А.С. Луховицкая, В.В. Луцикович, Э.З. Любимский, В.Б. Мартынюк, Г.М. Олейник-Овод, В.И. Собельман под руководством М.Р. Шура-Буры) встретил вызов Алгола-60, не вводя практически ограничений ни на язык, ни на размеры входных программ. В трансляторе был разработан оригинальный алгоритм программирования процедур (понимаемых как потенциально рекурсивные), мощные механизмы управления математической памятью как единства оперативной и внешней, систематически применялся метод таблично-управляемой генерации кода. В мае 1963 г. первым из всех трех этот транслятор уже демонстрировался на международной конференции по автоматизации программирования в Киеве.

Транслятор ТА-1 (разработчики В.Н. Попов, В.А. Степанов, А.Г. Стишева, И.А. Травникова под руководством С.С. Лаврова) основывался на быстрой и простой схеме трансляции (в частности, был разработан стековый подход к программированию выражений). Для достижения такой схемы авторы отказались от ряда средств Алгола-60: рекурсивности процедур, наличия статических объектов в блоках, от возможности введения параметров процедур без их типизации и пр. Вместе с тем, что существенно для современных систем, особое внимание было уделено простоте и удобству эксплуатации.

В Альфа-трансляторе (разработчики Г.И. Бабецкий, М.М. Бежанова, Ю.М. Волошин, Б.А. Загацкий, Л.Л. Змиевская, Г.И. Кожухин, С.К. Кожухина, Ю.И. Михалевич, Р.Д. Мишкович, И.В. Поттосин, Л.К. Трохан под руководством А.П. Ершова) особое внимание уделялось эффективности получаемых программ. Большой набор оптимизирующих возможностей (оптимальное и весьма изощренное программирование процедур, циклов и индексных вычислений, глобальная экономия памяти и пр.) давал возможность

получать объектные программы, мало отличающиеся по времени исполнения от созданных вручную программ. Платить за это приходилось большим объемом транслятора, большим числом проходов (24 прохода), отказом от некоторых средств Алгола, оптимальная реализация которых не была найдена. Вместе с тем входной язык являлся расширением Алгола (точнее, его подмножества), включавшим ряд таких типичных для современных языков средств, как операции над многомерными значениями, комплексный тип, начальные значения переменных и пр. В целом в Альфа-трансляторе начала складываться современная методология оптимизирующей трансляции с такими ее понятиями, как внутренний язык, многопроходная реализация оптимизирующих преобразований, потоковый анализ.

В целом эта совокупность трансляторов покрывала разнообразные запросы пользователей. Для большого потока сравнительно небольших программ без особых требований к эффективности подходил ТА-1, программистам, которые хотели воспользоваться всеми возможностями Алгола, в том числе и возможностями транслировать большие задачи, был пригоден ТА-2, а для тех, кому надо было программировать задачи с большим счетом и, значит, обязательно иметь эффективный код существовал Альфа-транслятор.

В отличие от программирующих программ все алголовские системы были уже настоящими системами программирования, близкими к современным: они включали в себя не только собственно транслятор, но также отладочные и некоторые редактирующие средства. В ТА-1 и Альфа-систему входили отладочные редакторы, которые по заданию на отладку создавали отладочную версию программ. Платформой для всех систем была ИС-2, все системы включали ее средства в свой входной язык и строили программы, ориентированные на ИС-2.

### ***3.2.3. Языки системного программирования***

Иницированное созданием трансляторов появление системного программирования поставило задачу создания адекватных языков программирования. Все языки, появившиеся к началу 60-х годов – Фортран, Кобол, Алгол-60 и другие, – не учитывали этой области программистской деятельности, и алголовские системы, будучи достаточно большими программными системами, писались еще в машинных кодах вручную. Адекватные языки нужны были не только для трансляторов, но и для всей возникающей области системного программирования: начали появляться и другие языковые процессоры и первые операционные системы, и информационные системы – все то, что потом назовут базовым программным обеспечением.

В связи с этим и в СССР, и на Западе начали появляться специальные языки, предназначенные для системного программирования. Характерной чертой для первого поколения этих языков (связанной с необходимостью хорошо учитывать архитектуру и машинное представление данных) была машинная ориентированность. Разрабатывались эти языки, как правило, в коллективах, имевших большой опыт в создании системных программ – а таковыми в тот период были системы программирования. Одними из первых в мире языков системного программирования были отечественные языки Алмо, Эпсилон, Сигма.

Язык *Алмо* имел в своей основе некоторую абстрактную машину, отражавшую особенность существовавшего тогда класса машин. Помимо того, что этот язык был языком реализации для системного программирования, он предназначался быть языком-посредником при трансляции с различных языков. Идея была в том, чтобы заменить трансляцию с  $m$  входных языков в  $n$  машинных языков трансляцией «из  $m$  в один» и «из одного в  $n$ ». Важно заметить, что в языке существовали средства определения многопроцессности. Машинная ориентированность явно прослеживалась в языке – регистровые объекты, постфиксная запись выражений, оперирование с битами машинных слов и т.п. Были созданы реализации языка для основных отечественных машин того времени (М-20, БЭСМ-6, Минск 2, Урал 11) и трансляторы с Алгола-60 и языка ФОРТРАН в Алмо, причем все трансляторы также были написаны на Алмо.

Язык *Эпсилон* трактовал машинную ориентированность иначе. В этом отношении его идеология совпадала с одновременно появившимся языком Н. Вирта ПЛ360, который стал прототипом большого числа языков системного программирования того времени. Семантика каждой конструкции языка определялась сопоставленным ей образом – последовательностью операций машинного языка. При этом конечно, рекомендовалось, чтобы образы для разных машинных языков были бы в определенной мере аналогичны, однако переносимость не обеспечивалась, за ней надо было следить. Типы данных языка тоже следовали за назначением языка и его машинной ориентированностью – допускались целые (но не вещественные), классы двоичных значений, слоги машинных слов или их последовательности. Эпсилон тоже был реализован для большого числа архитектур – М-20, БЭСМ-6, Минск-2. Существенно, что при создании многопроцессорной архитектуры АИСТ-0, Эпсилон играл такую же роль, как впоследствии Си для Юникса или Эль-76 для Эльбруса – был базовым системным языком, на котором писалось все многочисленное системное обеспечение, от ядра ОС до системных программ, ориентированных на пользователя.

Язык *Сигма* обладал двумя важными и в то время новыми особенностями. Синтаксически ограничиваемый макросами, он допускал генеральную линию создания программ – подстановку описанных макросов. Язык содержал средства формального описания конкретной архитектуры: была разработана система параметров, в терминах которой фиксировалось представление языка для конкретной ЭВМ. Таким образом, общая Сигма-программа вместе с описанием архитектуры ЭВМ транслировалась на данную ЭВМ. Параметрами архитектуры были как длина слова, представление значений типов в машинном слове и т.п., так и правила заполнения шаблонов машинных команд.

#### **4. ЭВОЛЮЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

*Содержание:*

Наиболее динамично развивающиеся направления в области сетей. Многомашинные территориальные комплексы для решения специальных крупномасштабных задач (противовоздушная оборона, космические полеты и т.п.) и рационального использования вычислительных ресурсов. Система ПВО Североамериканского континента «Сейдж». Идея разделения времени (К. Стрейчи, 1959). Концепция всеобщего информационно-вычислительного обслуживания (Дж. Маккарти, 1961). Проект МАК (1963). Первые универсальные информационно-вычислительные сети: Инфонет (1970), Тимнет (1970). Сеть Арпанет (1971). Развитие специализированных сетей. Информационно-вычислительные сети в СССР. Проект Государственной сети вычислительных центров (В.М. Глушков, 1963). Формирование ГСВЦ. Локальные вычислительные сети. Интернет, «всемирная паутина», и процессы глобализации.

*Литература:* [4], [8], [10], [17], [18], [19], [31], [34].

##### **4.1. Основные направления развития информационно-вычислительных сетей**

Становление и развитие вычислительных сетей происходило по трем основным направлениям.

*Первое* направление было обусловлено стремлением повысить эффективность использования вычислительных ресурсов компьютеров организацией одновременной работы большого количества пользователей. Вследствие этого появились вычислительные системы, в состав которых входили главный компьютер и подключенные к нему терминалы, расположенные в непосредственной близости от главного

компьютера. Со временем подобные системы развились к системам телеобработки данных, которые с помощью каналов связи позволяли подключать к главному компьютеру удаленные терминалы. Затем для уменьшения нагрузки на каналы связи, как удаленные терминалы, начали использовать абонентские компьютеры, выполняли предварительную обработку информации, уменьшив тем самым информационные потоки в каналах связи. Это направление в основном поддерживалось фирмами – производителями средств вычислительной техники. Так характерным примером является сеть SNA (System Network Architecture – системная сетевая архитектура), разработанная фирмой IBM.

Под системной сетевой архитектурой понимают совокупность принципов, процедур, протоколов и форматов, определяющих идеологию фирмы IBM по построению компьютерных сетей на базе систем телеобработки данных. Системная сетевая архитектура была разработана для повышения эффективности и упрощения проектирования компьютерных сетей. Согласно ей компьютерная сеть создается по региональному принципу. Компьютеры отдельного региона, как правило, отделены системой телеобработки данных или локальной сетью. Регионы связываются между собой каналами передачи данных. Аналогичный подход к построению компьютерных сетей применены в сетевой архитектуре DNA (Digital Network Architecture – Архитектура цифровой сети) разработанной одной из главных компьютерных фирм – Digital Equipment Corporation (DEC).

Существует и другой подход: компьютерная сеть рассматривается как сеть передачи данных, абонентами которой являются компьютеры. При этом главное внимание уделяется организации сети передачи данных с использованием существующих сетей связи, в частности, телефонных. Компьютерная сеть, абоненты и главные компьютеры которой расположены на значительном расстоянии друг от друга, называются глобальной компьютерной сетью. Появление и распространение глобальных компьютерных сетей предоставила качественно новые возможности в сфере информатики и обработки данных. Действительно, объединение в компьютерную сеть нескольких компьютеров и систем телеобработки обуславливают появление новых возможностей повышения надежности функционирования вычислительных средств, так как сеть позволяет не только оперативно перераспределять вычислительные ресурсы (загрузка компьютеров), но и обеспечивает резервирование этих ресурсов. Как правило, в сети есть несколько путей доступа к тем или иным вычислительным средствам, что также повышает надежность и качество обслуживания ее абонентов. Типичным примером глобальных сетей является сеть коммутации пакетов, в основу функционирования которой положен стандарт X.25, разработанный

Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии для построения сетей на базе аналоговых телефонных сетей общего пользования. При разработке данного стандарта особое внимание уделялось повышению надежности передачи информации по каналам связи путем контроля правильности передачи данных на всех уровнях системы передачи информации, что, в свою очередь, привело к снижению скорости передачи информации. Повышение качества каналов передачи данных позволило упростить процедуру контроля правильности передачи информации. Это обусловило появление новой сетевой топологии – Frame Relay (FR, ретрансляция кадров). В сетях FR существенно упрощена обработка кадров данных в промежуточных узлах коммутации. Это позволяет сократить общее время передачи информации.

*Второе* направление развития компьютерных сетей связано с широким внедрением мультимедийных сетевых приложений, при использовании которых нужно учитывать такие особенности мультимедийного трафика, как его равномерность в пределах одного сеанса передачи и относительно короткие размеры передаваемых блоков данных. Это является одной из основных причин разработки технологии сетей с асинхронным режимом передачи – технологии ATM (Asynchronous Transfer Mode). Инициаторами создания и развития технологии ATM выступили крупные телекоммуникационные компании, которые направили совместные усилия на разработку и стандартизацию методов передачи данных с использованием технологии ATM и быструю, но дешевую и надежную доставку информации. Телекоммуникационные компании были заинтересованы иметь широкополосные высокопроизводительные сети, ведь это работало на снижение стоимости предоставляемых ими сервисов и уменьшение количества разнородных сетей. Технология ATM обеспечивает скорость передачи данных до 622 Мбит/с.

Постепенно эти два направления развития компьютерных сетей стали сближаться, и в настоящее время компьютерные сети – это объединение систем телеобработки, построенные на основе разветвленной сети передачи данных. В состав таких сетей входит несколько главных компьютеров и достаточно большое количество абонентских систем, удаленных друг от друга на значительное расстояние.

*Третье* направление в развитии компьютерных сетей связано с совместным использованием компьютерами вычислительных ресурсов и оборудования, которое дорого стоит. В такой сети все компьютеры располагаются на относительно небольшом расстоянии друг от друга, чаще всего – в пределах одного помещения. Этим объясняется название данного типа сети – локальная компьютерная сеть. По сравнению с

глобальными компьютерными сетями система передачи информации в локальных компьютерных сетях является простой, а скорость передачи данных в них, как правило, на один-два порядка выше скорости передачи данных в глобальных. Одной из первых локальных сетей, выпускаемых серийно, была сеть ARCnet фирмы Datapoint. Данная сеть имеет звездообразную топологию и строится на основе концентраторов, к которым подключаются компьютеры. Наиболее распространенной локальной вычислительной сетью является сеть Ethernet, первый вариант которой был создан в 1975 году в исследовательском центре фирмы Хегох в Пало-Альто (США). Проект оказался удачным, и к 1980 году фирма Хегох внедрила более 30 таких сетей. Сначала сеть работала со скоростью 2,96 Мбит/с, а в конце 1980 года компания Хегох совместно с фирмами DEC и Intel завершила разработку и опубликовала спецификацию на сеть Ethernet со скоростью передачи данных 10 Мбит/с. Сеть имеет шинную топологию, средой передачи которой является коаксиальный кабель.

В наше время в рамках компьютерных сетей происходит интеграция различных сетевых технологий. Сначала это выразилось в подключении локальных сетей к глобальной сети Интернет. В результате этого возникла потребность согласовать отдельные протоколы локальных и глобальных сетей. Одним из интересных и важных результатов этого процесса является внедрение сетевых технологий глобальных сетей в локальные сети, отражением чего стало появление сетей Интранет – локальных сетей, использующих технологии и протоколы Интернет для обработки и обмена информацией. В области современных сетевых информационных технологий прослеживается устойчивая тенденция к объединению и интеграции компьютерных сетей, использующих различные сетевые технологии и разные среды передачи информации, в том числе и беспроводное. Это привело к появлению нового класса компьютерных сетей, так называемых объединенных сетей. Под объединенной сетью (internetwork) понимается множество отдельных компьютерных сетей, соединенных между собой промежуточными сетевыми устройствами, которая функционирует как одна большая сеть. В качестве промежуточных сетевых устройств зачастую используются высокоскоростные коммутаторы и маршрутизаторы. Основной структурной единицей объединенной компьютерной сети есть домен, который представляет собой подмножество сетей, входящих в объединенную сеть, которые вместе администрируемых и используют одну и ту же стратегию маршрутизации. С учетом доменной структуры объединенных компьютерных сетей преимущественно используется двухуровневая организация системы управления сетью, согласно которой на нижнем уровне осуществляется управление доменами, а на верхнем уровне организуется взаимодействие между доменами. Современные

объединенные компьютерные сети имеют достаточно большую размерность, характеризуются сложной многоуровневой архитектурой и широким спектром устройств. Эффективность функционирования объединенных компьютерных сетей в значительной степени зависит от скорости передачи информации, уровня их интеллектуализации и обеспечения мобильности пользователей. Новый аспект приобретает набор услуг сети Интернет остается неизменным, но при этом появляются такие приложения как широковещательная передача голоса и видеоданных, к тому же все эти сервисные функции должны быть гарантированы пользователям как при доступе в сеть с рабочего места, так и при его перемещении. Высокие скорости передачи информации в объединенных компьютерных сетях необходимые для интеграции различных видов информации, эффективной организации связей между сетями разного уровня и предоставление каждому пользователю или сетевом приложении необходимых сетевых ресурсов. Интеллектуальность сетей предусматривает увеличение гибкости и надежности сетей, упрощения вопросов управления сетью, в свою очередь, создает новые возможности для пользователя, превращая его из пассивного потребителя услуг в активного клиента, может не только заказывать услуги, но и самостоятельно управлять сетью.

## **4.2. Многомашинные территориальные комплексы для решения специальных крупномасштабных задач**

### **4.2.1. Система ПВО Североамериканского континента «Сейдж»**

В августе 1954 года было создано командование континентальной ПВО США «КОНРАД», преобразованное осенью 1957 года при участии Канады в Объединенное командование ПВО Североамериканского континента «НОРАД», существующее и сегодня.

В начале 1960-х годов Советский Союз сконцентрировал свои усилия на межконтинентальных и запускаемых с моря баллистических ракетах и на спутниковом оружии. Масштабная североамериканская система раннего радиолокационного предупреждения оказалась бесполезной для борьбы с этими средствами доставки. Поэтому была создана спутниковая система слежения и предупреждения о пуске ракет, а круг задач, стоящих перед НОРАД, расширился.

К середине 50-х годов был создан опытный образец полуавтоматической системы управления активными средствами ПВО «Сейдж» (SAGE – Semiautomatic Ground Environment).

Для того чтобы предупредить угрозу нападения с воздуха, командование ПВО разделило континент на три региона: Аляску, Канаду и континентальную часть США (КОНЮС). Предполагалось, что при обнаружении и опознании самолета противника сообщение о нем немедленно передается пилотам истребителей-перехватчиков, которые встречают бомбардировщики на максимальном удалении от их цели. При этом траектории атакующих самолетов противника регистрируются и анализируются с помощью системы «Сейдж», которая выводит истребители-перехватчики на конкретные цели и управляет пусками зенитных ракет. Система «Сейдж» может отслеживать одновременно 400 отдельных траекторий, 200 из которых зарезервированы за ракетами, которые должны наводиться из центра управления на цели. В начале 1960-х годов в распоряжении командования ПВО находились 2000 истребителей-перехватчиков, 3900 вспомогательных самолетов поддержки и 575 ракет класса «земля – воздух». Предполагалось развивать эту систему и в целях ПРО (противоракетной обороны), однако к началу 60-х годов выяснилось, что «Сейдж» для этого непригодна.

Баллистические ракеты с ядерным зарядом и маневрирующими головками индивидуального наведения практически не могут быть перехвачены на нисходящей ветви траектории. По этой причине важно перехватить их как можно раньше. Опыт работы над системой «Сейдж», а также научно-технический и структурный задел были использованы для работ по ПРО. Первая программа ПРО начала осуществляться в США в 1967, и эта программа была нацелена на уничтожение ракет сразу после запуска.

#### ***4.2.2. Системы контроля космического пространства***

В начале 60-х годов прошлого столетия после запуска первых отечественных и иностранных искусственных спутников Земли (ИСЗ) политическое и военное руководство СССР пришло к выводу о необходимости организации в военных и народно-хозяйственных целях непрерывного наблюдения за космическими объектами искусственного происхождения в околоземном космическом пространстве.

Были приняты правительственные решения о создании соответствующих средств наблюдения, средств связи и центра управления и обработки информации. В дальнейшем эти средства были созданы и в совокупности с другими источниками данных о космических объектах образовали Систему контроля космического пространства (СККП).

В США в конце 50-х – начале 60-х гг. прошлого столетия также была создана национальная система слежения за космическим пространством SPADATS, осуществляющая наблюдение за космическими

объектами с помощью радиолокационных, оптико-электронных и радиотехнических средств, размещенных по всему земному шару.

В нашей стране для слежения за отечественными космическими аппаратами (КА) и космическими кораблями (КК) в конце 50-х гг. прошлого столетия был создан наземный автоматизированный комплекс управления (НАКУ), командно-измерительные комплексы (КИК) которого были дислоцированы на всей территории страны от Ужгорода до Камчатки, а также на специальных кораблях слежения в акваториях морей и океанов. Радиотехнические системы КИК работали и работают на принципе так называемого «активного ответа» – использования специальной радиоизлучающей аппаратуры, установленной на КА и КК и обеспечивающей функционирование и решение задач КИК (НАКУ).

В случаях прекращения активного существования отечественных КА и КК или аварийных ситуаций на них, связанных с отказом радиоаппаратуры, НАКУ лишался возможности слежения за такими космическими объектами (КО). Созданный НАКУ в принципе не мог осуществлять определение орбиты и последующее сопровождение образующихся в результате запуска КА (КК) неизлучающих фрагментов (например, последние ступени ракет-носителей). По тем же причинам НАКУ не мог осуществлять слежение за иностранными КА и КК. В то же время в связи с активным освоением космического пространства иностранными государствами определение орбит и сопровождение запускаемых ими КО в начале 60-х гг. прошлого столетия стало одной из актуальных задач военного и народно-хозяйственного значения.

Слежение за первыми иностранными КО осуществлялось с помощью оптических астрономических средств Астросовета Академии наук. Обработка измерительной информации, определение орбит и сопровождение КО проводились в 4 ЦНИИ МО вручную с использованием так называемого графо-аналитического метода. В этот период ведущие ученые этого института (доктора технических наук М.Д. Кислик и П.Е. Эльясберг) и СНИИ-45 МО (член-корреспондент АН СССР Н.П. Бусленко) провели анализ возникшей проблемы и пришли к выводу о необходимости создания в стране специальной службы, а в дальнейшем и системы, предназначенной для наблюдения за околоземным космическим пространством. Идея создания системы контроля космического пространства была активно поддержана Генеральным заказчиком – Главным управлением Министерства обороны. В дальнейшем большую роль в создании системы сыграли руководители и специалисты заказывающего управления: М.И. Ненашев, Е.В. Гаврилин, В.П. Куликов и др.

Первоначально в нашей стране обработка информации осуществлялась подразделением специалистов по ККП с помощью графо-

аналитического метода на специальных стендах и программ на ЭВМ М-50. На ЭВМ были созданы макеты алгоритмов и программ приема и обработки измерений и передачи целеуказаний измерительным средствам.

В целях дальнейшего развития службы ККП в 1963–1965 гг. был разработан проект Центра контроля космического пространства (ЦККП). В ноябре 1966 года Служба ККП была переведена в ЦККП (г. Ногинск Московской области).

В 1969 году были проведены приемочные испытания ЦККП 1 очереди. Система боевых алгоритмов и программ была реализована на комплексе аппаратуры, состоящем из ЭВМ 5Э92-Б с фиксированной запятой, аппаратуры приема и передачи данных, внешней памяти на магнитных барабанах и магнитных лентах, аппаратуры командного пункта и узла связи. Алгоритмы и программы были объединены в частные автоматизированные циклы, осуществлявшие прием и передачу данных, обработку координатной информации, ведение каталогов и накопителей, расчет целеуказаний средствам наблюдения и средствам поражения КА-целей, формирование и выдачу донесений об обстановке и операциях в космическом пространстве высшим органам управления страны и Вооруженных сил, формирование и выдачу потребителям информации оповещения о пролетах космических объектов. По результатам испытаний ЦККП 1 очереди в январе 1970 года был поставлен на боевое дежурство. В 1974 году завершены государственные испытания второй очереди ЦККП.

К этому времени в космическом пространстве находилось уже более 3000 космических объектов, количество же фрагментов и осколков, находящихся за пределами чувствительности средств наблюдения, оценивалось в 10–12 тысяч. В этой обстановке было принято решение о максимальном привлечении к наблюдениям за космическими объектами практически всех средств, способных обнаруживать и сопровождать КО, в первую очередь информационных средств Системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) и Системы противоракетной обороны (ПРО). Одновременно ставилась задача повышения достоверности обнаружения, распознавания и сопровождения опасных в военном отношении иностранных КО путем создания специализированных средств СККП. Сопряжение ЦККП с КП СПРН и КП ПРО давало также возможность облегчения работы этих систем по обнаружению баллистических ракет путем снятия так называемого «спутникового фона».

Была проведена значительная работа по усовершенствованию системы боевых алгоритмов и программ ЦККП на существующем вычислительном комплексе. Создание и ввод новой технологической схемы обработки координатной информации позволили значительно повысить производительность ЦККП по обработке измерительной

информации и в условиях ограниченных ресурсов вычислительного комплекса обеспечить обработку потока информации, резко возросшего вследствие подключения новых информационных средств. Эти меры существенно улучшили характеристики ЦККП, который во взаимодействии со средствами получения информации 15 февраля 1975 года заступил на боевое дежурство с новым качеством. ЦККП к этому времени сопровождал уже более 1600 космических объектов.

В начале 80-х годов опять удалось провести существенное усовершенствование ЦККП: модернизацию аппаратного и вычислительного комплексов путем ввода внешней памяти на магнитных дисках и обновления инженерного оборудования, сопряжение с радиолокационными средствами полигонов и модернизацию программно-алгоритмической системы. ЦККП получил возможность рассчитывать и прогнозировать время и район возможного падения космического объекта, особенно крупногабаритных неуправляемых КА и КК в аварийных ситуациях. В 1981 году были проведены приемочные испытания модернизированной системы боевых алгоритмов и программ ЦККП. Модернизация была направлена на повышение возможностей ЦККП по обеспечению высших звеньев управления страны и Вооруженных сил информацией о космической обстановке. Была создана и введена в строй подсистема оценки обстановки вдоль трасс полета особо важных отечественных КА, КК и орбитальных станций (ОС), обеспечен расчет планов целераспределения для системы ПРО, введены усовершенствованные программы управления вычислительным процессом.

В состав СККП были введены специализированные средства, что способствовало всё новым и новым достижениям в области развития контроля космического пространства.

В 1974 году впервые в мире космонавтами Поповичем П.Р. и Артюхиным Ю.П. в процессе полета на ОС «Салют-3» проведено с помощью индикатора кругового обзора (ИКО) «Сокол-1» по целеуказанию ЦККП обнаружение и сопровождение космической цели – иностранного КА.

В 1975 году в ЦККП и ЦНИИ МО была разработана программно-алгоритмическая система для обеспечения совместного полета КК «Союз» (СССР) и «Аполлон» (США), с помощью которой было осуществлено информационно-баллистическое сопровождение этого полета в режиме резервирования Центра управления полетами.

В 1981–1983 гг. ЦККП успешно выполнил задачу своевременного обнаружения и сопровождения многооразового КК США «Шаттл» в первых пяти испытательных полетах.

1974–1985 гг. ЦККП обеспечил информационное обеспечение широкой программы военных космических экспериментов, среди которых особо выделяются эксперименты с аппаратурой обнаружения ионизирующих излучений «Рябина» и «Рябина-2», установленной на орбитальных станциях «Салют-4», «Салют-7», «Мир» и ряде КА «Молния». С помощью аппаратуры «Рябина» по целеуказанию ЦККП впервые в мире было осуществлено обнаружение нейтронного излучения, что позволило ввести в действие Систему обнаружения ионизирующих излучений в космическом пространстве, проводившую инспекцию в целях обнаружения ядерных устройств в космическом пространстве вплоть до прекращения существования орбитальной станции «Мир».

Начиная с 1978 года и по настоящее время, СККП осуществляет контроль за выводом на орбиту и положением на стационарной орбите космических аппаратов.

В 1985 году СККП выполнила важнейшую для отечественной космической программы работу – с заданной точностью рассчитала целеуказание на вывод в окрестность аварийной орбитальной станции «Салют-7» КК «СоюзТ-13». При этом решение на запуск КК «СоюзТ-13» было принято только после того, как специалисты СККП определили, что потерявшая управление орбитальная станция, хотя и вращается вокруг центра масс, но с такой угловой скоростью, при которой еще возможна ручная стыковка. В результате командир КК «Союз-13» космонавт Джанибеков В.А. обнаружил орбитальную станцию в указанном районе звездного неба и успешно провел стыковку КК и ОС в ручном режиме. Эта работа, кроме признания растущего авторитета СККП, дала большой экономический эффект – работоспособность орбитальной станции «Салют-7» была восстановлена и станция проработала на орбите до 1991 года.

Особое международное значение и признание больших возможностей СККП по контролю космического пространства получили результаты работ по определению времени и возможного района падения космического комплекса «Салют-7» – «Космос-1686». Время и место падения фрагментов комплекса (южная часть Аргентины) были определены заблаговременно и с высокой точностью. Результаты СККП оказались более точными по сравнению с данными СКН США и данными ЕКА (Европейского космического агентства).

На перспективу развития в данном направлении ставятся большие задачи. В конечном итоге система контроля космического пространства должна расширить сферу своего действия на околосолнечное пространство с задачей заблаговременного оповещения об астероидной и кометной опасности.

### 4.3. Сеть Арпанет

На развитие глобальных компьютерных сетей существенно повлияла сеть Арпанет (ARPANET).

В 1969 году Министерство обороны США посчитало, что на случай войны Америке нужна надёжная система передачи информации. Агентство передовых исследовательских проектов ARPA – (Advanced Research Projects Agency) предложило разработать для этого компьютерную сеть. Разработка такой сети была поручена Калифорнийскому университету в Лос-Анджелесе, Стэнфордскому исследовательскому центру, Университету Юты и Университету штата Калифорния в Санта-Барбаре. Первое испытание технологии произошло 29 октября 1969 года. Сеть состояла из двух терминалов, которые должны были быть максимально удалены друг от друга, чтобы проверить систему в максимальных режимах. Первый терминал находился в Калифорнийском университете, а второй на расстоянии 600 км от него – в Стэнфордском университете. На терминалах использовали 16-разрядные мини-компьютеры Honeywell DDP-316 с 12 Кбайт памяти. Линии связи емкостью 56 Кбит/с были арендованы у телефонной компании AT&T. Тестовое задание заключалось в том, что первый оператор вводил слово «LOGIN», являвшееся командой входа в систему, а второй должен был подтвердить, что он видит его у себя на экране. Первый эксперимент потерпел неудачу – отобразились только буквы «L», «O» и «G». Через час эксперимент был повторен и прошел удачно.

Компьютерная сеть была названа ARPANET и в рамках проекта к концу 1969 года объединила четыре выше указанных научных учреждения. Все работы финансировались Министерством обороны США. Затем сеть ARPANET начала активно расти и развиваться, её начали использовать учёные из разных областей науки. К 1971 году были подключены еще 15 терминалов, в 1972 году она объединила более 30 миникомпьютеров, а в 1983 – более 200. В 1973 году к сети были подключены первые иностранные организации из Великобритании и Норвегии, и сеть стала международной. Стоимость пересылки электронного письма по сети ARPANET составляла 50 центов. В 1984 году у сети ARPANET появился серьёзный соперник – Национальный фонд науки США (NSF) основал обширную межуниверситетскую сеть NSFNet, которая имела большую пропускную способность (56 кбит/с), чем ARPANET. В 1990 сеть ARPANET была преобразована в глобальную сеть Интернет. Разработанный в рамках проекта сети ARPA набор протоколов TCP/IP для управления обменом информации по каналам передачи данных оказался весьма эффективным и начал широко использоваться в глобальных компьютерных сетях.

#### 4.4. Эволюция информационно-вычислительных сетей в СССР

Сети общественного пользования в СССР появились с почти 10-летним отставанием от Запада и базировались не на отечественных оборонных технологиях, а создавались совершенно независимо. Это 10-летнее отставание сохранялось до конца 80-х – начала 90-х годов, зарубежная сетевая технология не стояла на месте, а передача ее в нашу страну (особенно программного обеспечения) была жестко ограничена. В нашей стране инициатива в реализации сетевого обмена информацией через общественные сети принадлежала ученым, которые получили финансовую поддержку Государственного Комитета по Науке и Технике (ГКНТ) и Академии наук СССР. В 1979–1980 годах начались практические эксперименты по теледоступу отечественных ученых к зарубежным банкам данных – в первую очередь, к Lockheed Dialog (США) и Data Star (Швейцария). Терминальный узел, созданный в академическом Институте системного анализа РАН (в то время ВНИИ системных исследований ГКНТ и АН СССР) использовали специалисты разных отраслей для связи с европейскими и североамериканскими сетями и банками данных через венский Международный институт прикладного системного анализа. Этот узел и создавший его коллектив стал основой Национального центра автоматизированного обмена информацией (НЦАО) и образованного для реализации этих функций Института автоматизированных систем – ИАС (тогда ВНИИПАС).

В начале 80-х годов этот институт был определен головным в стране по созданию компьютерной сети Академии наук СССР и академий наук союзных республик – АКАДЕМСЕТИ. Сеть базировалась на сетевом программном обеспечении типа X.25, разработанном в латвийском академическом Институте электроники и вычислительной техники для реализации на малых универсальных ЭВМ типа СМ-4. АКАДЕМСЕТЬ просуществовала почти десятилетие, но фактически не способствовала росту научных коммуникаций в академической среде. В СССР не хватало вычислительной техники, особенно на окраинах страны, и после экспериментов по ежегодной демонстрации работоспособности сети в целом (по всем полутора десяткам узлов одновременно) многие институты отключали абонентские компьютеры от сети для использования их при плановых научных исследованиях, расчетах и моделировании. Некоторую организационную дисциплину удалось навести, когда руководство Академии стало принимать заявки на заграничные командирования только в компьютерной форме, через АКАДЕМСЕТЬ. Опыт создания АКАДЕМСЕТИ показал предпочтительность реализации сетевого программного обеспечения в виде специализированных аппаратно-программных средств и

необходимости инициализации трафика на базе стремления пользователей к получению необходимой им информации.

В 80-е годы ИАС разработал центры коммутации X.25 и терминальные концентраторы, позднее наладил их серийное производство, а также провел широкую организационно-разъяснительную работу среди потенциальных пользователей и крупнейших отечественных центров НТИ. В результате, к 1986 г. была создана первая отечественная компьютерная сеть общего пользования ИАСНЕТ, охватившая не только Россию, но и бывшие союзные республики. В 1987 году оператор этой сети ИАС/НЦАО получил впервые в СССР от Международного Союза Электросвязи (МСЭ) статус Признанной частной эксплуатирующей организации (РРОА), реализующей межсетевой протокол X.25.

Почти до конца 80-х более 80% трафика в первой отечественной сети общего пользования ИАСНЕТ составляла научно-техническая информация – как зарубежная (через НЦАО, ставшим первым международным сетевым шлюзом в стране), так и отечественная.

ИАСНЕТ и АКАДЕМСЕТЬ естественным образом включились в государственную программу создания единой Государственной автоматизированной системы НТИ (ГАСНТИ), предназначенной для обеспечения онлайн-доступа пользователей к хостам центров – генераторов научной информации.

В середине 80-х была объявлена «Комплексная программа научно-технического прогресса стран – членов СЭВ» (КП НТП), охватывавшая 90 конкретных научно-технических проблем – от ядерной энергетики до систем управления воздушным движением. ИАС стал головной организацией по созданию компьютерной сети соцстран, получал от государства ежегодно выделявшиеся средства на финансирование развития не только своего центрального коммутационного узла этой звездообразной сети девяти стран, но также создание и функционирование у них собственных сетей. Основными информационными хостами, подключенными к этой сети, стали московские ВИНТИ, Государственная публичная научно-техническая библиотека, а также центр по социальным и политическим наукам – Институт научной информации по общественным наукам (ИНИОН). Важное место в этой системе занимал московский СЭВовский Международный центр научно-технической информации.

В рамках программы КП НТП совместными усилиями участников были реализованы: система электронной почты, автоматизированная система обмена файлами, система компьютерных телеконференций, интеллектуальные интерфейсы. Были начаты работы по созданию и внедрению средств сопряжения с национальными сетями передачи данных, по автоматизированной системе-посреднику, созданы и

отработаны системы сбора статистики, сделаны первые шаги в системах разграничения доступа и защиты информации. Уже во второй половине 80-х проявился казавшийся тогда неожиданным феномен: системы создавались для онлайн-доступа к удаленным банкам данных НТИ, а в общем объеме информационного трафика сильно росла доля электронной почты (E-mail) и передачи файлов (file transfer).

Можно привести множество примеров использования сети ИАСНЕТ в нашей стране. В начале 80-х – для обмена данными космических наблюдений между Институтом физики в Праге и Институтом космических исследований в Москве; для этого был разработан собственный протокол передачи файлов. В середине 80-х – был организован обмен данными наблюдения за ядерными испытаниями в рамках советско-американского проекта «Невада–Семипалатинск». Позднее, в 1991 г., после землетрясения в Армении, канал Москва–Ереван сети ИАСНЕТ использовался советской госкомиссией и американскими группами гуманитарной помощи – другие каналы связи с районом бедствия были перегружены либо выведены из строя.

В те же 80-е в академическом Институте атомной энергии группа энтузиастов начала работу по созданию компьютерной сети для общения ученых-физиков. В отличие от ИАСНЕТ – пакетной сети X.25 – они взяли за основу протоколы телеобработки в UNIX-компьютерах – UUCP. В результате этого начинания в 1991 г. в коммерческую эксплуатацию была введена сеть RELCOM – подмножество европейской коммерческой сети EUnet, которая является составной частью глобальной сети INTERNET. Собственно, сеть с полным набором IP-услуг RELCOM стал в 1994 году, до этого предоставляя только почтовые услуги владельцам компьютеров с операционной системой UNIX.

Принято различать два типа телекоммуникационных операторов. К первому относятся распорядители телефонных, телеграфных и других «первичных» каналов. Ко второму – те, кто оплачивает арендуемые у первых каналы. Последние предоставляют пользователям платить за время, когда телефонная или телеграфная линия занята или организует передачу данных с помощью устанавливаемых у себя (на биржах, в библиотеках, у частных лиц) модемов, пакетных адаптеров данных, центров коммутации. Именно ко второму типу операторов относились новые сети, да и пионер сетей ИАСНЕТ – тоже. Есть одно исключение – сеть РОСПАК, охватившая в начале 1992 года более 50 центров по России. Свои коммутационные узлы она организовала на базе штатных предприятий связи и использовала для создания международных магистралей передачи данных первичные каналы – собственность своего соучредителя – АО ИНТЕРТЕЛЕКОМ (ныне – РОСТЕЛЕКОМ), бывшие ранее госсобственностью, которой распоряжалось Минсвязи СССР. В

каждом узле сети обеспечивалась возможность подключения от 8 до 40 локальных линий.

К 1992 году в Международном союзе электросвязи было зарегистрировано шесть российских сетей, которые получили техническую и юридическую возможность связываться с мировыми открытыми сетями через шлюзы X.25. Всего к этому времени в стране функционировало порядка 30 территориальных компьютерных сетей.

Из-за роста тарифов на выделенные телефонные линии широкое внедрение спутниковых каналов на международных магистралях стало неизбежным.

Реализация в середине 90-х годов в глобальной сети INTERNET информационных WWW-серверов, система ссылок в которых основана на гипертекстовой технологии, совместно с использованием удачной поисковой системы Mosaic, привели к упорядочиванию информационных массивов в сети INTERNET и существенному расширению возможности поиска нужной пользователю информации. И без того интенсивный рост числа пользователей этой сети перевалил за сотню тысяч в месяц. Общее количество пользователей INTERNET в мире исчислялось уже десятками миллионов, т.е. превысило общее число пользователей всех глобальных сетей X.25. Указанные обстоятельства, а также реализация к этому времени отечественной сетью RELCOM онлайн-стека протоколов TCP/IP и существенно меньшая стоимость использования услуг сети Internet при возможности бесплатного получения программного обеспечения непосредственно через сеть вызвали чрезвычайно быстрый рост интереса отечественных пользователей к этой сети. Отечественные сети X.25 были вынуждены начать предоставление IP-услуг наряду со своим традиционным сервисом. Те сетевые операторы, которые задержались с таким расширением номенклатуры услуг, начали терять пользователей.

Бурному развитию отечественных территориальных (глобальных) компьютерных сетей в первой половине 90-х годов в значительной мере способствовало определенное насыщение страны персональными компьютерами. Анализ объемов продаж ПЭВМ в стране в это время позволяет предположить, что общее число компьютеров в России достигло величины порядка 10 млн. штук. Биржевая и предпринимательская активность начала 90-х годов способствовала формированию социального заказа на развитие сетей. Чрезвычайно активным стал рынок модемного оборудования. Был положен конец 10–15-летнему отставанию страны в области внедрения сетевых технологий.

В настоящее время отечественная сетевая технология твердо развивается в направлениях, по которым идут наиболее передовые в этом отношении страны: США, Великобритания, Германия, Франция.

## 5. РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

### *Содержание:*

Первые исследования и первые машинные программы решения интеллектуальных задач. Машинный перевод. Джорджаунский эксперимент (1954). Исследования в СССР (А.А. Ляпунов, Ю.Д. Апресян, О.С. Кулагина и др.). Доказательство теорем. Метод резолюций (Дж. Робинсон, 1965) и обратный метод Ю.С. Маслова (1967). Эвристическое программирование. Распознавание образов. Перцептрон (Ф. Розанблатт, 1957). Игровые программы: идеи К. Шеннона (1947), метод граней и оценок (А. Брудно). Сочинение музыки и текстов. «Иллиак-сюита» (Л. Хиллер и Л. Айзексон, 1955). Исследования Р.Х. Зарипова. Лабиринтная модель и Универсальный решатель задач А. Ньюэлла и Г. Саймона (1959). Развитие теории и практики искусственного интеллекта. Теория представления знаний: фреймы (М. Минский), сценарии (Р. Шенк). Теория вопросно-ответных и диалоговых систем. Развитие практического применения: интеллектуальные пакеты прикладных программ, расчетно-логические, обучающие системы (тьюторы), экспертные системы.

*Литература:* [11], [13], [16], [21], [32], [33], [35]–[37].

### 5.1. История развития искусственного интеллекта

Развитие искусственного интеллекта как научного направления стало возможным только после создания ЭВМ. Это произошло в 40-х гг. XX в. В это же время И. Винер (1894–1964) создал свои основополагающие работы по новой науке – кибернетике.

Термин *искусственный интеллект* предложен в 1956 г. на семинаре с аналогичным названием в Станфордском университете (США). Семинар был посвящен разработке логических, а не вычислительных задач. Вскоре после признания искусственного интеллекта самостоятельной отраслью науки произошло разделение на два основных направления: нейрокибернетику и кибернетику «черного ящика». И только в настоящее время стали заметны тенденции к объединению этих частей вновь в единое целое.

Основную идею нейрокибернетики можно сформулировать следующим образом. Единственный объект, способный мыслить – это человеческий мозг. Поэтому любое «мыслящее» устройство должно каким-то образом воспроизводить его структуру. В основу кибернетики «черного ящика» лег принцип, противоположный нейрокибернетике. Не имеет значения, как устроено «мыслящее» устройство. Главное, чтобы на

заданные входные воздействия оно реагировало так же, как человеческий мозг.

В конце 50-х гг. родилась модель лабиринтного поиска. Этот подход представляет задачу как некоторый граф, отражающий пространство состояний, и в этом графе проводится поиск оптимального пути от входных данных к результирующим. Была проделана большая работа по разработке этой модели, но в решении практических задач идея большого распространения не получила.

Начало 60-х гг. – эпоха эвристического программирования. Эвристика – правило, теоретически не обоснованное, но позволяющее сократить количество переборov в пространстве поиска. Эвристическое программирование – разработка стратегии действий на основе известных, заранее заданных эвристик.

В 1963–1970 гг. к решению задач стали подключать методы математической логики. На основе метода резолюций, позволившего автоматически доказывать теоремы при наличии набора исходных аксиом, в 1973 г. создается язык Пролог.

Существенный прорыв в практических приложениях искусственного интеллекта произошел в середине 70-х гг., когда на смену поискам универсального алгоритма мышления пришла идея моделировать конкретные знания специалистов-экспертов. В США появились первые коммерческие системы, основанные на знаниях, или экспертные системы. Пришел новый, подход к решению задач искусственного интеллекта – представление знаний.

Начиная с середины 80-х гг. происходит коммерциализация искусственного интеллекта. Растут ежегодные капиталовложения, создаются промышленные экспертные системы. Растет интерес к самообучающимся системам.

#### *История развития искусственного интеллекта в России*

В 1954 г. в МГУ под руководством профессора А.А. Ляпунова (1911–1973) начал свою работу семинар «Автоматы и мышление». В этом семинаре принимали участие крупнейшие физиологи, лингвисты, психологи, математики. Принято считать, что именно в это время родился искусственный интеллект в России. Как и за рубежом, выделились направления нейрокибернетики и кибернетики «черного ящика».

Среди наиболее значимых результатов, полученных отечественными учеными, следует отметить алгоритм «Кора» М. Бонгарда, моделирующий деятельность человеческого мозга при распознавании образов (60-е гг.).

В 1945–1964 гг. создаются отдельные программы, и исследуется поиск решения логических задач. В Ленинграде (ЛОМИ – Ленинградское отделение математического института им. В.А. Стеклова) создается

программа, автоматически доказывающая теоремы (АЛИЕВ ЛОМИ). Она основана на оригинальном обратном выводе С.Ю. Маслова, аналогичном методу резолюций Робинсона.

В 1965–1980 гг. получает развитие новая наука – ситуационное управление. Основоположник этой научной школы – профессор Д.А. Поспелов. Разработаны специальные модели представления ситуаций – представления знаний.

В 1980–1990 гг. проводятся активные исследования в области представления знаний, разрабатываются языки представления знаний, экспертные системы (более 300). В Московском государственном университете создается язык РЕФАЛ.

В 1988 г. создается АИИ – Ассоциация искусственного интеллекта. Ее членами являются более 300 исследователей. Президент Ассоциации – Д.А. Поспелов.

## **5.2. Исследования в области решения интеллектуальных задач**

### ***5.2.1. Машинный перевод***

Впервые идея машинного перевода была высказана французским изобретателем Ж. Арцруни и независимо советским изобретателем П.П. Смирновым-Троянским в 1933 году. С появлением в 40–50-х годах электронных вычислительных машин работы по машинному переводу начались в США и СССР.

Датой рождения машинного перевода (как области исследований) принято считать 1947 год, и все началось с письма Уоррена Уивера, директора отделения естественных наук Рокфеллеровского фонда, к Н. Винеру в марте того же года, в котором задача перевода сравнивалась с задачей дешифровки текстов. Последняя в то время уже стала выполняться на электромеханических устройствах. За этим письмом последовало множество дискуссий, появился меморандум о целях, и наконец, были выделены средства на исследования. И в 1952 году состоялась первая конференция, организованная знаменитым математиком Бар-Хиллелем, на которой исследователи обменялись мыслями относительно организации множества синтаксических правил языка, способов описания семантики, морфологических структур, структуры словарей для систем перевода.

Достижения в академических исследованиях стимулировали коммерческий интерес к проблеме машинного перевода, и фирма IBM совместно с Джорджтаунским университетом в США в 1954 году сумела показать первую систему, базирующуюся на словаре из 250 слов и 6 синтаксических правил и обеспечивающую перевод 49 заранее

отобранных предложений. Этот эксперимент положил начало исследовательскому буму: в следующие 10 лет правительство и военные ведомства США затратили на исследования в области машинного перевода около 40 млн. долларов. От эйфории, связанной с первыми результатами, до практически полного отрицания осуществимости машинного перевода прошло всего восемь лет. К подобному выводу пришли на основании обзора, выполненного специальным комитетом по прикладной лингвистике (ALPAC) Национальной Академии наук США. В нем констатировалось, что системы автоматического перевода не смогут обеспечить приемлемое качество в обозримом будущем. Этот отчет драматически повлиял на развитие машинного перевода, так как были практически прекращены все исследования из-за отсутствия финансирования, по крайней мере, в США и Европе.

В СССР первые опыты машинного перевода были проведены в 1955–56 гг. (англо-русский и французско-русский машинный перевод). В дальнейшем исследования по машинному переводу развернулись во многих других странах. Главные входные языки – английский, русский, французский, а выходные – те же языки, а также немецкий, японский, чешский, вьетнамский и некоторые другие.

Начальный период работ над проблемами машинного перевода продолжался примерно до 1961 г. и характеризовался повышенным вниманием к техническим и программистским вопросам: ориентацией на конкретные пары языков (так называемый бинарный перевод), разработкой лишь морфологических и синтаксических правил перевода; формулировкой правил перевода сразу в виде алгоритмических предписаний; выдачей, как правило, только одного варианта перевода для каждого предложения. В дальнейшем при разработке машинного перевода стали существенно использоваться результаты современной структурной и математической лингвистики. Основное внимание стало обращать на разработку и совершенствование общих схем машинного перевода, пригодных для самых различных языков. Правила обработки текста для конкретных языков стали формулироваться большей частью не как алгоритмического предписания, а как условия, налагаемые на правильный результат обработки. Процесс машинного перевода реализуется алгоритмом достаточно универсального типа, который выявляет и осуществляет все возможные способы обработки текста на данном этапе, приводящие к допустимым (по указанным правилам) результатам; на последующих этапах лишние и неправильные варианты отбрасываются.

90-е годы можно считать эпохой возрождения в развитии машинного перевода, что связано не только с высоким уровнем возможностей персональных компьютеров, появлением сканеров и

программ OCR, но и с распространением Интернет, обусловивших реальный спрос на машинный перевод. Он вновь стал привлекательной областью вложения капитала, как для частных инвесторов, так и для государственных структур.

Сегодня программы-переводчики умеют строить осмысленные фразы, и за последние несколько лет качество перевода улучшилось. Однако компьютер еще плохо разбирается в грамматических нюансах и жаргоне, поэтому его главное назначение – переводы деловых бумаг, руководств, писем из электронной почты, страничек из Интернета (Web-страниц). «Машинный перевод все еще далек от совершенства, но любой желающий с его помощью сможет, по крайней мере, понять основной смысл документа», – считает Луи Монье, технологический директор Alta Vista, крупного поискового Web-узла, который начал эксперимент с машинным переводом в режиме онлайн.

Проблема машинного перевода рассматривается как ключевая в вопросах продвижении высоких технологий и обеспечении конкурентоспособности в глобальном информационном пространстве.

### *5.2.2. Эвристическое программирование*

Развитие эвристического программирования связано с построением разнообразных моделей, таких, как, например, модели поведения при выборе или при определении стратегии размещения ценных бумаг. Однако, наибольшие успехи теоретического и прикладного характера достигнуты при создании систем искусственного интеллекта, называемых решателями задач.

Разработка программ – решателей задач преследует две основные цели: во-первых, являясь моделью поведения человека в определенных условиях, решатель обладает некоторой объяснительной силой и может быть использован для предсказания действий человека в ходе решения; во-вторых, решатель может быть использован как составная часть в системах автоматизации управления сложными объектами, в частности – роботами.

Обычно решатели строятся для задач, связанных с преобразованиями ситуаций. В таких задачах задаются исходная и желаемая ситуации, а также набор операторов или действий, которые могут строго определенным образом изменять ситуации. Класс таких задач довольно широкий. В него входят, например, задачи формальной логики, планирования целенаправленных действий и др.

История создания решателей начинается в 50-х годах циклом и следований по разработке общего решателя задач – GPS (Genera Problem Solver). Авторы GPS – А. Ньюэлл, Дж. Шоу и Г. Саймон первоначально

ставили перед собой задачу создания эффективного решателя для работ в области искусственного разума. Затем они попытались рассмотреть GPS как общую теорию человеческого мышления. Эта попытка не удалась: как психологическая теория GPS отписывал слишком узкий круг феноменов мышления. Не оправдание также и надежды авторов на универсальный характер GPS как решателя: класс доступных ему задач оказался весьма узок. Позитивный вклад GPS в проблематику искусственного интеллекта состоит в разработке ряда стратегии решения задач, которые используются и в современных, более совершенных решателях. Были также сформулированы основные задачи и подходы к созданию моделей мышления, решен ряд проблем методологического характера, отработаны приемы эвристического программирования и создана основа для дальнейшего совершенствования решателей задач.

Предложенные для GPS стратегии были использованы при построении ряда решателей, в том числе и для роботов. Такие решатели используются, в частности, в системе STRIPS и в ряде близких к ней систем, предназначенных для управления интегральными роботами.

Наряду с эвристическим программированием в области работ по созданию искусственного разума оформилось еще одно направление исследований, получившее название эвристического моделирования.

В связи с этим большое значение в науке приобрели идеи специального направления кибернетики – эвристического программирования. Ученые не ставили перед собой цель воспроизвести модель организации нервных клеток, т.е. субстрата информационной деятельности. Для того чтобы создать модели искусственного интеллекта, оказалось достаточным построить определенные алгоритмы и программы. Такие программы затем можно было реализовать на универсальной вычислительной машине, не заботясь о том, чтобы устройство машины в какой-то степени приближалось к работе нервных элементов мозга. Созданные таким образом эвристические программы доказывали теоремы в области геометрии значительно быстрее, чем человек, и часто находили такой путь доказательства, который не приходил в голову специалистам. Это позволило говорить о том, что они обладают какими-то элементами творчества или элементами интеллектуальной деятельности. Оказалось возможным построение таких эвристических программ, которые осуществляли деятельность банковского служащего, балансирование конвейерных линий, отвечали на простейшие вопросы и т.д.

При создании эвристических программ исследователи отказались как от идеи использования математического аппарата, так и от разработки теории работы мозга. Они выявляли определенные «эвристики», т.е. способы принятия решений, в результате которых человек приходил к принятию решений в какой-либо узкой области своей профессиональной

деятельности, например при балансировании конвейерных линий, при работе диспетчера. Определенные типичные ситуации и некоторые способы, при помощи которых человек мог решать возникающие перед ним проблемы, представлялись в виде программ для вычислительных машин.

За относительно короткий период времени в различных странах было создано большое количество эвристических программ подобного типа, некоторые из них получили практическое значение. Так, например, были созданы программы, которые могли осуществлять такую сложную деятельность, как работа исследователя, устанавливающего структурную формулу химических веществ. Для этого была проведена работа с опытным специалистом в области химии. Последовательно изучая все используемые им методики и эвристики, кибернетики добились создания нужных программ для вычислительных машин.

Характерная особенность этих исследований заключалась в том, что обычно создатели новых эвристических программ не заботились не только о сходстве организации субстрата информационной деятельности машины и мозга человека, но и о раскрытии природы самих эвристик, их происхождения, не искали объяснения, почему именно они способствуют решению задачи. Для исследователя этого направления казалось достаточным «подсмотреть» какую-либо эвристику при работе мозга и воспроизвести ее в виде программы вычислительной машины. Такой подход обеспечил быстрое создание программ, имитирующих различные стороны интеллектуальной деятельности человека, но не мог полностью удовлетворить исследователей, так как не давал ответа на вопрос: почему именно эвристика приводит к положительному решению?

### **5.2.3. Распознавание образов**

Распознавание образов (а часто говорят – объектов, сигналов, ситуаций, явлений или процессов) – самая распространенная задача, которую человеку приходится решать практически постоянно.

*Теория распознавания образа* – раздел информатики и смежных дисциплин, развивающий основы и методы классификации и идентификации предметов, явлений, процессов, сигналов, ситуаций и т.п. объектов, которые характеризуются конечным набором некоторых свойств и признаков. Такие задачи решаются довольно часто, например, при переходе или проезде улицы по сигналам светофора. Распознавание цвета загоревшейся лампы светофора и знание правил дорожного движения позволяет принять правильное решение о том, можно или нельзя переходить улицу. Необходимость в таком распознавании

возникает в самых разных областях – от военного дела и систем безопасности до оцифровки аналоговых сигналов.

Проблема распознавания образа приобрела выдающееся значение в условиях информационных перегрузок, когда человек не справляется с линейно-последовательным пониманием поступающих к нему сообщений и в результате его голова переключается на режим одновременности восприятия и мышления, которому такое распознавание свойственно.

Неслучайно, таким образом, проблема распознавания образа оказалась в поле междисциплинарных исследований – в том числе в связи с работой по созданию искусственного интеллекта, а создание технических систем распознавания образа привлекает к себе всё большее внимание.

В 1943 году в своей статье «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности» Уоррен Мак-Каллок и Уолтер Питтс предложили понятие искусственной нейронной сети. В частности, ими была предложена модель искусственного нейрона. Дональд Хебб в работе «Организация поведения» 1949 года описал основные принципы обучения нейронов. Эти идеи несколько лет спустя развил американский нейрофизиолог Фрэнк Розенблатт. Он предложил схему устройства, моделирующего процесс человеческого восприятия, и назвал его «перцептроном». Перцептрон передавал сигналы от фотоэлементов, представляющих собой сенсорное поле, в блоки электромеханических ячеек памяти. Эти ячейки соединялись между собой случайным образом в соответствии с принципами коннективизма. В 1957 году в Корнелльской Лаборатории Аэронавтики успешно было завершено моделирование работы перцептрона на компьютере IBM 704, а два года спустя в Корнелльском университете был продемонстрирован первый нейрокомпьютер – «Марк-1», который был способен распознавать некоторые буквы английского алфавита.

Чтобы «научить» перцептрон классифицировать образы, был разработан специальный итерационный метод обучения проб и ошибок, напоминающий процесс обучения человека – метод коррекции ошибки. Кроме того, при распознании той или иной буквы перцептрон мог выделять характерные особенности буквы, статистически чаще встречающиеся, чем малозначимые отличия в индивидуальных случаях. Тем самым перцептрон был способен обобщать буквы, написанные различным образом (почерком), в один обобщённый образ. Однако возможности перцептрона были ограниченными: машина не могла надежно распознавать частично закрытые буквы, а также буквы иного размера, расположенные со сдвигом или поворотом, нежели те, которые использовались на этапе ее обучения.

Наиболее известной попыткой подойти к проблеме с этой стороны было знаменитое исследование Ф. Розенблатта по перцептронам. Отчёт по первым результатам появился ещё в 1958 году – тогда Ф. Розенблаттом была опубликована статья «Перцептрон: Вероятная модель хранения и организации информации в головном мозге». Но подробнее свои теории и предположения относительно процессов восприятия и перцептронов он описывает в книге «Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга» в 1962 году.

Нейронные сети в настоящее время являются не только инструментом решения задач распознавания образов, но получили применение в исследованиях по ассоциативной памяти, сжатию изображений.

Еще одним популярным направлением в распознавании являются логические правила и деревья решений. В сравнении с вышеупомянутыми методами распознавания эти методы наиболее активно используют идею выражения наших знаний о предметной области в виде, вероятно, самых естественных (на сознательном уровне) структур – логических правил.

Задачи распознавания имеют следующие характерные черты.

1. Это информационные задачи, состоящие из двух этапов: преобразование исходных данных к виду, удобному для распознавания и собственно распознавание.

2. В этих задачах можно вводить понятие аналогии или подобия объектов и формулировать правила, на основании которых объект зачисляется в один и тот же класс или в разные классы.

3. Для этих задач трудно строить формальные теории и применять классические математические методы (часто недоступна информация для точной математической модели или выигрыш от использования модели и математических методов несоизмерим с затратами).

Выделяют следующие типы задач распознавания: задача распознавания – отнесение предъявленного объекта по его описанию к одному из заданных классов (обучение с учителем); задача автоматической классификации – разбиение множества объектов, ситуаций, явлений по их описаниям на систему непересекающихся классов; задача выбора информативного набора признаков при распознавании; задача приведения исходных данных к виду, удобному для распознавания; динамическое распознавание и динамическая классификация; задача прогнозирования.

Основой чертой, отличающей нейрокомпьютеры от современных компьютеров и обеспечивающей будущее этого направления, по мнению ученых, является способность решать неформализованные проблемы, для которых в силу тех или иных причин еще не существует алгоритмов решения. Нейрокомпьютеры предлагают относительно простую

технологии порождения алгоритмов путем обучения. В этом их основное преимущество, их «миссия» в компьютерном мире. Возможность порождать алгоритмы оказывается особенно полезной для задач распознавания образов, в которых зачастую не удается выделить значимые признаки. Вот почему нейрокомпьютер оказался актуален именно сейчас, в период расцвета мультимедиа, когда развитие глобальной сети Internet требует разработки новых технологий, тесно связанных с распознаванием образов.

### **5.3. Вопросно-ответные и диалоговые системы**

Диалог человека с машиной – это интерактивный обмен посланиями между пользователем и диалоговой системой в соответствии с условленным языком диалога и формой диалога для достижения определенной задачи. Диалоговое взаимодействие пользователя с автоматизированной системой протекает в одном из следующих режимов: 1) активна система, когда на вопросы системы отвечает пользователь, 2) активен пользователь, когда на запрос пользователя определенным образом реагирует система, и наконец, 3) двухсторонне активный диалог, когда пользователь и система меняются ролями в ходе общения.

Наиболее изученным, развитым и представленным в литературе является режим, когда вопросы задает пользователь, а система отвечает. Очевидно, что при этом успешный поиск информации в базе данных и генерирование соответствующего ответа, главным образом, зависят от того, насколько корректно система сможет интерпретировать вопрос пользователя. Большинство лингвистических процессоров для общения с базой данных (БД) на естественном языке (ЕЯ), активно разрабатываемых рядом отечественных и зарубежных исследовательских групп и фирм, не опираются на принципиальную лингвистическую модель и функционируют в предположении, что человек инициирует диалог, т.е. цели пользователя, а не системы, определяют диалог.

Работа Бельнап и Стил «Логика вопросов и ответов» посвящена рассмотрению формальной теории вопросов и выработке на уровне метаязыка системы понятий, полезной для классификации и оценки вопросов и ответов, а также для установления связи между ними.

Система SAM, созданная Р. Шенком, читает небольшие рассказы и отвечает на разнообразные вопросы по прочитанному материалу. Акцент в работах Р. Шенка сделан на вычлениении, описании и использовании общих знаний о мире при автоматической переработке текстов на естественных языках. Модель концептуальной зависимости, разработанная группой исследователей под руководством Шенка, позволяет описывать знания о языке и знания об окружающем мире,

выраженные в терминах семантических атомов и сценариев, оперировать комплексом правил, классами умозаключений и классами английских лексем для обработки входного текста.

Исследования У. Ленерта в области вопросно-ответных диалоговых систем связаны с системой SAM и другими концептуальными системами понимания текстов на естественном языке, для которых умение отвечать на вопросы является демонстрацией понимания. В работе «Проблемы вопросно-ответного диалога» исследуются проблемы, возникающие при построении системы, способной понимать тексты рассказов и демонстрировать свое понимание, отвечая на вопросы по тексту. Рассмотрены ряд трудностей, которые проявляются на трех уровнях – социального контекста, языковой обработки и поиска информации в памяти.

Система ПОЭТ, разработанная группой Э.В. Попова, одна из первых промышленных ЕЯ – систем, позволяющей интерпретировать запросы пользователя и формировать соответствующие ответы в проблемной области транспортных перевозок на ограниченном естественном языке в условиях жестких временных ограничений. Эта система осуществляет: 1) анализ входного предложения; 2) его интерпретацию; 3) синтез ответа на естественном языке. Анализ входного предложения включает этапы морфологического, синтаксического и семантического анализов.

Система MYCIN Шортлиффа отвечает на вопросы врача, обращающегося к базе знаний за объяснениями симптомов болезни, помогает ставить диагноз и предлагает рецепт лечения.

Авторы интеллектуальной вопросно-ответной системы (ИВОС) еще в 1977 году провели большую опытно-исследовательскую работу и изложили базовые принципы создания подобных систем. Под ИВОС понимаются системы, способные накапливать информацию о проблемной среде и использовать ее для ответов на разнообразные вопросы относительно этой проблемной среды. Все вопросы, задаваемые пользователем системе, делятся на два класса. К первому отнесены вопросы, информация для ответов на которые находится в системе в явном виде. Задача при этом заключается в организации эффективного поиска данных, поставляющих ответ на вопрос. Второй класс составляют такие вопросы, ответы на которые не хранятся в системе в явном виде, а могут быть получены лишь в результате вывода на основе имеющейся информации.

Анализ исследований и систем, ориентированных на запросно-ответный диалог, показал, что каждая из них, имея свои особенности моделирования запросно-ответной ситуации, в то же время реализует

следующую общую схему: воспринимает сообщение пользователя как запрос и формирует соответствующий ответ на основе знаний системы.

Автоматизированное обучение является одной из таких сфер, где использование для общения с ЭВМ естественного языка целесообразно и с точки зрения удобства для пользователя, и по существу. К тому же разумно требовать, чтобы изучение входного языка автоматизированной обучающей системы (АОС) не отнимало много времени и сил, а в диалоге обучаемый заботился прежде всего о содержании адресуемых системе сообщений, а не о допустимости того или иного слова или оборота. Ориентация на активного обучаемого – наиболее характерная черта АОС «Луч» (Лисп-Учитель), обучающей языку программирования Лисп. Здесь активным является ученик, задающий системе вопросы по теме. Обучаемый имеет право начать в любой момент, например, когда он не может решить очередную задачу и обращается к системе с вопросом. Главная функция вопросно-ответного блока: поиск ответа на вопрос обучаемого.

Выше рассматривались системы, функционирующие в ситуации, когда активен пользователь. Режим 1 в чистом виде встречается на практике сравнительно реже, чем второй режим взаимодействия человек – ЭВМ, и в большей степени этот режим изучается как часть режима 3, когда осуществляется общение с ЭВМ с переменной инициативой участников общения. Но уровень теоретических исследований и существующие модели языков, как показала практика, пока не позволяют удовлетворительно реализовать третий (т.е. свободный, гибкий) режим общения пользователя с системой.

*Темы рефератов*

1. Информатика в системе наук. История становления понятия «информатика»; информатика, математика и семиотика; информатика и лингвистика; информатика и философия; информатика и техника; информатика и кибернетика.
2. Понятие «информационные технологии»; история развития информационных технологий; современные виды информационных технологий.
3. История создания глобальной сети Интернет, проблемы ее развития, роль Интернета в общественном развитии.
4. Особенности развития информатики в СССР.
5. Аналитическая машина Ч. Бэббиджа. История создания и принципы устройства.
6. А. Лавлейс – первая программистка.
7. Параллельное развитие аналоговой и цифровой вычислительной техники.
8. История логических машин.
9. Развитие применения алгебры логики в технических проектах.
10. Электромеханический этап эволюции вычислительной техники.
11. Технологические и социальные предпосылки создания ЭВМ.
12. Первые исследования в области ЭВМ.
13. Роль Джона фон Неймана в создании электронной вычислительной техники.
14. С.А. Лебедев – крупнейший конструктор отечественных ЭВМ.
15. С. Крей – выдающийся конструктор суперкомпьютеров.
16. Сравнительный анализ поколений ЭВМ.
17. IBM-360 и проект Б.И. Рамеева серии «Урал».
18. Оценка проекта ЕС ЭВМ и его роли в отечественной информатике.
19. Развитие персональных ЭВМ и ноутбуков.
20. Проект Государственной сети вычислительных центров СССР.
21. Создание сети Арпанет и ее преобразование в Интернет.
22. Развитие технологии полупроводниковых интегральных схем.
23. Создание первых языков высокого уровня – Фортрана, Алгола и Кобола.
24. История линейного программирования.
25. Формирование и развитие программного обеспечения ЭВМ.
26. Основные направления исследований по созданию искусственного интеллекта. Сравнительный анализ результатов.
27. История шахматных программ и их «соревнований» с шахматистами.
28. Зарубежные ученые – разработчики ЭВМ.
29. Советские ученые – разработчики ЭВМ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Основная литература*

1. Апокин И.А. Кибернетика и научно-технический прогресс (история и перспективы). – М.: Наука, 1982.
2. Апокин И.А., Майстров Л.Е. История вычислительной техники. От простейших счетных приспособлений до сложных релейных систем. – М.: Наука, 1990.
3. Апокин И.А., Майстров Л.Е. Развитие вычислительных машин. – М.: Наука, 1974.
4. Арский Ю.М., Гиляревский Р.С., Туров И.С., Черный А.И. Ноосфера: Информационные структуры, системы и процессы в науке и обществе. – М.: Наука, 1996.
5. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958.
6. Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. От абака до компьютера. – М.: Наука, 1979.
7. Дорфман В.Ф., Иванов Л.В. ЭВМ и ее элементы. Развитие и оптимизация. – М.: Радио и связь, 1988.
8. История информатики в России. Ученые и их школы. – М.: Наука, 2003.
9. Корогодина В.И., Корогодина В.Л. Информация как основа жизни. – Дубна: Издательский центр «Феникс», 2000.
10. Очерки истории информатики в России / Ред.-сост. Д.А. Поспелов, Я.И. Фет. – Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГТМ СО РАН, 1998. – 664 с.
11. Потапов А.С. Распознавание образов и машинное восприятие. – СПб.: Политехника, 2007. – 548 с.
12. Ракитов А.И. Информация, наука, технология в глобальных исторических изменениях. – М.: ИНИОН РАН, 1998.
13. Ришар Ж.Ф. Ментальная активность. Понимание, рассуждение, нахождение решений. – М.: Институт психологии РАН, 1998.
14. Розин В.М. Философия техники. – М.: Изд-во Эксмо, 2001. – 512 с.
15. Семенов В.А. и др. Электронные вычислительные машины. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
16. Фомин Я.А. Распознавание образов: теория и применения. – 2-е изд. – М.: ФАЗИС, 2012. – 429 с.
17. Храмцов П.Б. Лабиринт Internet. Практическое руководство. – М.: Электроинформ, 1996.
18. Якубайтис Э.А. Архитектура вычислительных сетей. – М.: Статистика, 1980. – 279 с.

19. Якубайтис Э.А. Информатика, электроника, сети. – М.: Финансы и статистика, 1989.

*Дополнительная литература*

20. Апокин И.А. Развитие вычислительной техники и систем на ее основе // Новости искусственного интеллекта. 1994. № 1.
21. Винокуров А.А., Чуканов В.О. Новый метод оценки машинного перевода. // Информационные технологии и системы. Hardware Software Security. Тенденции и перспективы: Сборник статей: – М.: Международная академия информатизации, 1997.
22. Джермейн К. Программирование на IBM/360. – М.: Мир, 1971. – 870 с.
23. Дорофеева А.В. Чарльз Бэббидж и его аналитическая машина: [О жизни и деятельности англ. математика, 1791–1871] // Математика в шк. – 1995. – №2. – С. 78–80.
24. Ершов А.П. Информатика: предмет и понятие. Сб. н. тр. «Кибернетика. Становление информатики». – М.: Наука, 1986. – С. 28–31.
25. Иванов А. Школа академика С.А. Лебедева в развитии отечественной вычислительной техники // Электроника: НТБ. – 2002. – №6. – С. 48–54.
26. Информатика и компьютерная грамотность. Сб. н. тр. ИПИ АН СССР / Отв. ред. акад. Б.Н. Наумов. – М.: Наука, 1985.
27. Информационное общество: Информационные войны. Информационное управление. Информационная безопасность / Под ред. М.А. Вуса. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1999.
28. Канторович Л.В. Перспективы развития и использования электронных счетных машин // Математика, ее содержание, методы и значение. М.: Издательство АН СССР, 1956, т. 1, с. 382–390.
29. Канторович Л.В. О проведении численных и аналитических вычислений на машинах с программным управлением: Доклад на сессии АН АрмССР // Известия АН АрмССР, сер. физ.-мат. наук, 1957, т. 10, № 2, с. 3–16.
30. Канторович Л.В. Перспективы крупноблочного подхода в прикладной математике, программировании и вычислительной технике // Записки научных семинаров ЛОМИ, 1974, т. 48, с. 5–11.
31. Кагельс Э. Информационная эпоха. Экономика, общество и культура. – М., 2001.
32. Ляпунов А.А. О логических схемах программ // Проблемы кибернетики. Вып.1. – М: Физматгиз, 1958. – С. 46–74.

33. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. – Киев: фирма "КИТ", ПТОО "А.С.К.", 1995.
34. Мальковский М.Г. Диалог с системой искусственного интеллекта. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 214 с.
35. Попов Э.В. Общение с ЭВМ на естественном языке. – М., Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 360 с.
36. Смирнов А.Д. Семейство БЭСМ-6 // Архитектура вычислительных систем: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1990. – С. 149–164. – 320 с.
37. Соколов А.В., Манкевич А.И. Информатика в перспективе: к вопросу о классификации видов информации и системе наук коммуникационного цикла. // Научно-техническая информация, 1971, № 10. – С. 5–9.
38. Степин В.С. Эпоха перемен и сценарии будущего. – М.: ИФРАН, 1996.
39. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. – М.: Радио и связь, 1986. – 624 с.
40. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 2005. – 144 с.
41. Цыкало А.А. А.М. Ляпунов. – М.: Наука, 1988.
42. Частиков А. Архитекторы компьютерного мира. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
43. Шибанов А. А.М. Ляпунов. – М.: Молодая гвардия, 1985.

Учебное текстовое электронное издание

**Злыднева Татьяна Павловна**

**ИСТОРИЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ  
И ИНФОРМАТИКИ**

**Часть 2**

**История информатики**

Учебное пособие

0,81 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2015 год

ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,  
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»

Кафедра прикладной математики и информатики

Центр электронных образовательных ресурсов и

дистанционных образовательных технологий

e-mail: ceor\_dot@mail.ru