

Выпуск 10



А.С. Нариньяни

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЯ ТЕХНИКИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ЭВМ

521

Новосибивск-1984

2.11.84

Академия наук СССР Сибирское отделение Вычислительный центр

> Проект ВОСТОК Выпуск 10

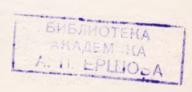
А.С.Нариньяни

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ЭВМ

Препринт

521

Новосибирск 1984



INTELLECTUALIZATION OF COMPUTERS AND PERSPECTIVES OF THEIR DEVELOPMENT

A.S.Narin'yani

Abstract

In the recent years series of the extensive long-term national and international projects to develop fifth generation computers have been launched by the leading industrial countries. It is assumed that the computers will possess intellectual abilities which will ensure their wide penetration into different spheres of the human activity. It means that in the near future the AI methods should overcome the distance from limited laboratory experiments to mass implementations oriented to a nonprogramming end-user.

In the paper some tendencies of the computer evolution are analysed which prove the necessity of introducing in practice programming technology of the industrial type. Simultaneously some prognosis is made concerning development of various intellectual facilities of the future computers during the next decade.

Аннотация

В ведущих промышленных странах развертываются долгосрочные национальные и международные программы развития вычислительной техники, связываемые с созданием 5-го поколения ЭВМ. Предполагается, что машины нового поколения будут отличаться наличием средств интеллектуализации, что должно обеспечить эффективность внедрения вычислительной техники в различные сферы человеческой деятельности. Таким образом, методы создания интеллектуальных систем должны за несколько лет пройти путь от лабораторных экспериментов до массового использования в прикладных комплексах, ориентированных на конечного пользователя-непрограммиста.

В препринте на основе анализа эволюции вычислительной техники делается вывод о необходимости перехода к промышленной программной технологии, а также дается оценка перспективам развития различных компонентов средств интеллектуализации в ближайшем десятилетии.

1. ПРЕАМБУЛА

1.1. Нет никакого сомнения в том, что последние несколько лет могут рассматриваться как начало качественно нового этапа в развитии вычислительной техники. Индустрия ЗВМ выдвигается на первое место в структуре хозяйства ведущих промышленных стран, что отражается не только в постоянном росте объема вложений в соответствующие отрасли, но и в развертывании системы долговременных комплексных национальных программ создания ЗВМ 5-го поколения. Напомним кратко основные факты.

ЯПОНИЯ. В 1979 г. правительство Японии учредило комитет по НИОКР ЭВМ 5-го поколения (председатель Тохру Мото-ока). Через 2 года на основании многотомного отчета и предложений комитета был сформирован японский национальный проект по созданию ЭВМ 5-го поколения (далее 5П).

Проект, осуществляющий концентрацию усилий на уровне национальной программы, должен оказать определяющее влияние на развитие японской ВТ с конца 80-х годов. Конечной целью проекта является массовое внедрение ЭВМ во все сферы жизни общества. Его реализация должна обеспечить Японии лидирующее положение в области ВТ, решить многие социальные проблемы, дать толчок развитию всех отраслей хозяйства (в частности, с помощью широкого внедрения робототехники), создать новую мощную отрасль – индустрию накопления и использования знаний. Решение проблемы массовости внедрения ВТ проект связывает прежде всего с радикальной интеллектуализацией машин нового поколения, поддерживаемой ростом их потенциала: скорость обработки порядка $10^8 - 10^9$ логических выводов/сек ($10^{11} - 10^{12}$ оп/сек) при общем объеме $10^{11} - 10^{12}$ байт памяти. Основными особенностями нового поколения являются:

- (1) Совокупность интеллектуальных функций (базы знаний, логического вывода, развитого интерфейса и т.д.), ориентированных на поддержку прикладных систем.
- (2) Новая архитектура, обеспечивающая поддержку этих функций (номенклатура спецпроцессоров и распределенная обработ-ка).
- (3) Новая элементная база: СБИС до 10^6 - 10^7 элементов/кристалл; создание САПР заказных СБИС, обеспечивающих реализацию спецфункций обработки.
- (4) Развитая технология, включающая проектирование, создание, сопровождение и развитие систем.

Срок действия проекта - 10 лет (до 1990 г.), объем финансирования - 500 млн. долл. В проекте наряду с государством участвуют ведущие японские фирмы.

Проект ЭВМ 5-го поколения дополняется пятилетним национальным проектом развития системного обеспечения (разработка ОС, программной технологии и языков).

Кроме упомянутых двух, к 1983 г. в Японии разрабатывалось еще несколько государственно-частных программ[®]), в частности, по СБИС (около 150 млн.долл.), по систомам обработки изображений (90 млн.долл.), по быстродействующим ЭВМ (160 млн., 7 лет), по оптоэлектронике (90 млн., 7 лет). Таким образом, работы по ЭВМ 5П ведутся на базе целой системы проектов в области ВТ, с общими затратами порядка 1,5 млд.долл.(в эту сумму, естественно, не входят расходы на те НИОКР, которые осуществляются вне рамок перечисленных программ).

АНГЛИЯ. В ответ на "японский вызов" в марте 1982 г. в Англии министерством информационной технологии был создан экспертный комитет по формированию программы английского проекта (председатель Дж.Олви). Через 6 месяцев комитет опубликовал свои предложения "Программа развитой информационной технологии". Срок программы – 5 лет, стоимость – 350 миллионов ф.стерл. (3/4 прямых расходов – государственное финансирование). Программа выделяет 4 ключевых направления:

- программную технологию,
- СБИС.
- человеко-машинные интерфейсы,
- интеллектуальные базы знаний.

Эти направления рассматриваются в качестве критических для обеспечения Англии конкурентноспособности на мирсвом рыкке. Проект носит форму национальной программы и должен удво-

^{*)} Различные источники несколько расходятся по суммам с срокам этих программ.

ить объем НИОКР в стране по данным направлениям. Важное место отводится подготовке кадров, особенно в области средств интеллектуализации.

США. По сведениям ЕЭС, расходы на НИОКР США в области электроники и смежных отраспей составили в 1981 г. около 11 млрд.долларов, из которых 49% составляло правительственное финансирование (в значительной части через военные программы). Эти работы включают, в частности, программу по разработке сверхвысокоскоростных интегральных схем с государственной дотацией в 200 миллионов долл. на 6 лет и программу "Интегрированное автоматизированное производство" с дотацией 100 млн. долл. на 5 лет.

Активизация американских НИОКР по развитию нового поколения ЭВМ концентрируется вокруг трех основных организаций.

- (1) Корпорация по микроэлектронике и технологии ЭВМ (МСС) является "кооперативом" 12 ведущих фирм США, включающим Но-neywell, Motorolla, RCA, Control Data. Директор МСС В.Р.Инман, бывший директор национального агенства безопасности и вице-директор ЦРУ. Консорциум обладает бюджетом 75 млн./год при численности 250 человек.
- (2) Корпорация исследований по полупроводникам (SRC), объединяющая CDC, Digital Equipment Corp., Hewlett-Packard, IBM, Intel, Motorolla, не ведет собственных исследований, а финансирует их в университетах. Бюджет 12 млн.долл. в 1983г. и 30 млн. в 1984 г.
- (3) Агенство перспективных оборонных исследовательских проектов (DARPA) Пентагона широко финансирует все направления НИОКР в области ВТ в США. За последние 20 лет агенство вложило около 0,5 млрд.долл. в эту область, в частности, поддерживая основные НИР в области искусственного интеллекта. В начале 1983 г. оно предложило проект "Стратегические ЭВМ и выживаемость" с объемом финансирования 1 млрд.долл., который должен обеспечить победу США в соревновании с Японским проектом 5П.

фРАНЦИЯ. В августе 1983 г. принято решение правительства о формирозании первых шести национальных проектов по информатике, охватывающих следующие темы: элементную базу, САПР, технологию программных систем, автоматизированный перевод, новые методы визуализации и производство мини-ЭВМ для науки и промышленности. Проекты объединяют промышленность, исследовательские группы и университеты с целью создания программных и аппаратных прототипов со смешанным (государственно-частным) финансированием около 1 млрд. франков на следующие 4 года.

ПРОЕКТ ЕЭС. В 1982 г. была начата работа по формированию

Западноевропейской программы 5П, названной ESPRIT (Европейская стратегическая программа НИОКР в области информационной технологии. Цель программы - обеспечение конкурентноспособности стран ЕЭС по отношению к Японии и США. Представляя собой совокупность конкретных проектов, программа предъявляет к каждому из них два требования:

- а) международный характер не меньше 2-х стран-партнеров на проект;
- б) межотраслевой принцип в каждом проекте сотрудничают специалисты разных отраслей.

Для формирования программы ESPRIT в 1983 г. было начато 15 подготовительных проектов по следующим темам:

- микроэлектроника;
- технология программирования;
- развитые методы обработки информации:
- бюротика (оргтехника на базе ЭВМ):
- интегрированное автоматизированное производство.

Программа планировала создать в апреле 1983 г. общую систему, обеспечивающую обмен информацией между сотрудничающими группами.

В подготовке программы участвовало 12 ведущих европейских фирм:

Франция: Thompson, CII-HB, CGE;

ФРГ: Nixdorf, Siemens, AEG Telefunken; Англия: Plessey, GeC-English Electric, ICL; Италия: Olivetti, STET; а также Philips.

К моменту подведения итогов конкурса предложений по проектам (февраль 1983 г.) было подано 20 французских, 76 английских и 69 западногерманских предложений. Финансирование сформированных проектов началось, по-видимому, еще в 1983 г. (50% ЕЭС и 50% участники проекта).

- 1.2. Приведенные факты, отражающие, безусловно, лишь часть происходящего процесса, достаточно убедительно показывают, что бум вокруг 5-го поколения является самым масштабным явлением за всю историю вычислительной техники. Объявление Японией программы "Большого скачка" вызвало столь широкую и активную реакцию в остальном мире, по крайней мере, по двум основным причинам:
- ввиду уважения, которое внушает Япония как конкурент, очевидной серьезности ее планов, организованности и широты работ по их реализации, высокой цены проигрыша для тех, кто будет оставлен этим "Большим скачком" позади;
- ввиду осознания того, насколько созрела необходимость долговременного планирования и координации усилий в области ВТ, развивавшейся до последнего времени сти-

хийно, широким фронтом малых и средних проектов, характеризовавшихся ограниченностью целей и задач, краткосрочностью (до 3-5 лет) и замкнутостью в смысле отсутствия связей с другими проектами.

Как уже было сказано, мы являемся свидетелями начала нового этапа эволюции вычислительной техники, этапа, когда она становится ведущей отраслью всего хозяйства, определяющей эффективность и темпы развития других отраслей, оказывающей все большее формирующее влияние на сферу управления и обслуживания, науку и социальные формы жизни общества.

Характер этого процесса в каждой конкретной стране определяется ее экономическим потенциалом, политическим строем, структурой хозяйства. Однако некоторые факторы отражают "внутреннюю логику" прогресса вычислительной техники и являются общими для различных линий ее развития.

1.3. Напомним, что во всех рассмотренных выше программах так или иначе выступали четыре основных ссставляющих развития ЭВМ: техническая база, архитектура, программная технология и интеллектуализация. Последняя является характерной именно для проектов ЭВМ 5-го поколения, хотя конечный успех связывается с достижением качественно новых рубежей по всем четырем составляющим. В данной работе мы ограничимся анализом некоторых тенденций в области интеллектуализации и программной технологии, минимальным образом касаясь архитектуры и полностью оставляя в стороне техническую базу. Однако при этом важно помнить, что новые возможности будущих технических средств во многом влияют на характер задач, решаемых работами по остальным направлениям, и даже на саму методику их организации. В частности, с появлением СБИС, обеспечивающих упаковку в кристалл целого спецпроцессора или транслятора, особо важным становится максимальный темп развития качества пользовательских систем. Нет такой цены в неэффективности и громоздкости, которую не было бы смысла платить за каждый шаг вперед сейчас, на уровне создания макетов. Завтра, когда основные компоненты этих макетов станут кристаллами, эффективность систем будет определяться не их сегодняшними макетными характеристиками, а уровнем и полнотой реализуемых ими функций.

* * *

Переходя от вводной к основной части работы, автор должен признать, что ему не удалось удовлетворительным образом решить проблему ссылок. Диапазон затрагиваемых ниже вопросов достаточно широк, - не представляется возможным ограничиться списком литературы разумных размеров и не вызвать в то же время вполне справедливых упреков в его крайней неполноте.В связи с этим оказалось проще вообще исключить ссылки, полагая, что предлагаемый анализ положения тенденций развития в области вычислительной техники может быть интересен читателю сам по себе, вне зависимости от библиографических ассоциаций.

2. СМЕНА ПОКОЛЕНИЙ ЭВМ И НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВТ

В данном разделе будет рассмотрено соотношение темпов и уровней развития базовых составляющих индустрии ЭВМ и их связь с основными тенденциями эволюции ВТ на ближайших этапах, а также место в этой эволюции персональных ЭВМ.

2.1. Человеко-машинные комплексы и структура пользовательских средств

Системы, связанные с использованием ЭВМ, можно разделить на три основные класса:

- (a) Полностью автоматические системы, не требующие участия человека в процессе своей работы (вряд ли, однако, можно исключить участие человека при адаптации и перестройке таких систем).
- (б) Проблемно-ориентированные человеко-машинные комплексы (далее ПОМК), представляющие собой сочетание общих и индивидуальных подсистем; каждая из индивидуальных подсистем объединяет ресурсы некоторого конкретного пользователя и обеспечивает взаимодействие "(данный) пользователь <—>> комплекс".
- (в) Индивидуальные системы, обслуживающие одного пользователя; если принять во внимание необходимость взаимодействия этих систем по линиям связи с тем или иным внешним контекстом, то можем считать их частным случаем индивидуальных подсистем в комплексах (б). Индивидуальные подсистемы мы будем ниже называть АРМ (автоматизированное рабочее место), несколько расширив тем самым традиционные рамки использования этого термина.

Рассмотрим структуру программных средств ЭВМ. Каждая автономная составляющая программного обеспечения ЭВМ может характеризоваться:

- совокупностью программных средств, использованных для ее реализации (инструментальные средства);
- совокупностью возможностей, предоставляемых ею тем специалистам, которые будут прямо использовать ее в своей профессиональной деятельности (пользовательские средства);
- качественными показателями, характеризующими данную подсистему по сравнению с другими,аналогичными ей.

Все средства, доступные различным категориям пользователей ЭВМ, составляют совокупность ее функциональных возможностей. Как мы видели, эта совокупность обладает определенной структурой, которая частично упорядочивает функциональные средства, ориентированные на те или иные классы задач и пользователей: каждому сочетанию программных средств соответствуют использованные для их создания инструментальные средства. На одном полюсе этой структуры находятся "встроенные" средства ЭВМ, на другом - чисто пользовательские средства, не применяемые в качестве инструментальных.

Пользователи, работающие с данной совокупностью средств А, могут быть разделены, на

- программистов, использующих A в качестве инструментальных для создания других программ;
- конечных пользователей, применяющих А для автоматизации своей профессиональной деятельности, не имеющей целью создания новых программ.

(Весьма частым случаем является конечный пользователь, вынужденный заниматься самообслуживанием, т.е. созданием программных средств, ориентированных на его собственную профессиональную - непрограммистскую - деятельность. Широкая практика самообслуживания характеризует обычно кустарную, доиндустриальную фазу развития для всякой отрасли - в данном случае это справедливо и для программирования.)

Подчеркнем тот очевидный факт, что эффективность применения ЭВМ в народном хозяйстве определяется исключительно эффективностью использования ЭВМ конечными пользователями, что деятельность программистов, равно как и вся индустрия ЭВМ, должна быть отнесена к производству средств производства.Однако можно утверждать, что такие показатели, как:

- процент чисто пользовательских средств в общем объеме программного продукта,
 - их качество и эффективность,
- процент чисто пользовательского времени в суммарном рабочем времени парка ЭВМ,
- находятся в настоящее время на уровне, который свидетельствует о том, что индустрия ЭВМ работает в основном на себя, что средства и людские ресурсы, вкладываемые в эту отрасль хозяйства, намного превышают "чистый" экономический эффект от внедрения ВТ в другие отрасли. Ниже в данном разделе мы постараемся показать причины такого положения; обсуждение возможных путей его преодоления будет проведено в разделе 3.
 - 2.2. Основные факторы эволюции ЭВМ
 - 2.2.1. Ключевым моментом, определившим динамику развития

ВТ и особенности текущего положения в этой области, является, с нашей точки зрения, значительная диспропорция в темпах развития базовых составляющих индустрии ЭВМ:

- технологии производства оборудования,
- архитектуры ЭВМ,
- спектра функциональных возможностей ЭВМ,
- программной технологии.

Сопоставим кратко эволюцию этих составляющих.

- А. Прогресс в производстве технических компонентов обеспечил на уровне технологии 4П доступность вычислительных ресурсов супер-ЭВМ 2П при габаритах, цене и надежности бытового устройства.
- Б. Отставание архитектурных концепций проявилось в провале многих крупных проектов, пытавшихся строить быстро усложняющуюся ЭВМ как систему с централизованным управлением. Успешные линии ЭВМ от поколения к поколению развивали концепцию иерархического комплекса локально автономных асинхронно взаимодействующих подсистем. Основным требованием к архитектуре становится обеспечение на каждом уровне максимального значения следующих показателей:
- децентрализации, распределенности вычислительного процесса;
 - реконфигурируемости;
- открытости к включению новых компонентов соответствующего уровня.

Эти требования обеспечивают наибольшую параллельность процесса обработки и делают систему в целом достаточно адаптивной к развитию более динамичной составляющей - технологии оборудования.

- В. Отставание функциональных возможностей ЭВМ от развития технической базы проявляется в двух главных направлениях:
- по отношению к пользователю:как было сказано выше, прогресс технологии оборудования обеспечил доступность значительных вычислительных ресурсов для самого широкого пользователя, однако внешние пользовательские функции этих ресурсов таковы,что эффективное их приложение требует за редким исключением (игры,учебные программы,подготовка текстов) квалификации, несовместимой с массовым внедрением;
- по отношению к технической базе:организация вычислительного процесса на новых архитектурных принципах все более тормозится отставанием развития базового матобеспечения операционных систем и систем программирования; в значительной степени виною тому является недооценка прикладной важности опережающих работ по теории параллельных систем и процессов в 60-х годах, когда достигнутый уже сейчас уровень технологии оборудования казался гораздо более далекой почти нереальной перспективой.

- Г. Массовая программная технология практически остановилась в своем развитии на уровне 2П. Некоторый, хотя и совершенно недостаточный прогресс, достигнутый усилиями небольшого числа "авангардных" коллективов, почти не влияет на характер производства основного программного продукта. Попытки движения вперед выливаются в создание все новых языков программирования (только самых известных языков сейчас насчитывается несколько десятков). В конечном счете это многоязычие тормозит прогресс технологии, препятствуя стандартизации и совместимости, "запугивая" рядового программиста, полностью искажая представление о соотношении цели и средств в программной технологии.
- 2.2.2. К основным недостаткам существующего уровня программной технологии (ПТ) относятся следующие:
- ПТ ориентирована на программиста-профессионала и полностью упускает из виду, что ее целью должно быть создание адекватных средств для конечного пользователя;
- в силу многоязычия ПТ создает значительные трудности и для профессионала за счет "распыленности" инструментальных возможностей по различным языкам; в результате это приводит к устойчивому негативному процессу с положительной обратной связью: профессиональные группы вынуждены создавать все новые инструментальные языки для себя и пользовательские для заказчика, способствуя тем самым дальнейшему росту многоязычия и, в итоге, регрессу общего уровня технологии;
- соответствуя уровню производства относительно небольших по современным масштабам программных систем, ПТ совершенно неадекватна при реализации крупных программных проектов, не обеспечивая, в частности, достаточной надежности выходного продукта;
- ПТ сформирована кустарным характером программного производства и находится в резком противоречии с тенденцией его развития в направлении более промышленных форм.
- 2.2.3. Проведенный выше анализ показывает, что хроническое отставание программной технологии привело к недостаточному развитию функциональных возможностей ЭВМ, что, в свою очередь, является основным препятствием к массовому внедрению ВТ и ее эффективному использованию в уже освоенных областях применения.

Разработка и внедрение новой программной технологии, лишенной перечисленных недостатков, должны быть поставлены в число основных задач развития советской ВТ на ближайшем этапе. Решение этой задачи позволит выровнять дисбаланс между технологией программных компонентов и технологией оборудования, обеспечив тем самым ускорение развития функциональных возможностей ЭВМ, достаточное для широкого внедрения ВТ в различные области деятельности.

2.3. Феномен персональной ЭВМ

- 2.3.1. Указанные диспропорции в развитии привели к резкому изменению в последние пять лет структуры рынка ЗВМ. Отрыв технологии оборудования и достигнутая благодаря ей массовая доступность вычислительной техники вызвали бум микро- и персональных машин (ПЗВМ). Производство ПЗВМ стало посильно небольшим фирмам, а их приобретение широкому кругу покупателей. В этом взрыве спроса многие фирмы находят свою "экологическую нишу", специализируясь на обслуживании определенных категорий пользователей, причем обеспечение максимальной функциональной адекватности поставляемых проблемно-ориентированных систем является для небольших фирм вопросом выживания. Таким стихийным образом на Западе частично решается проблема массового внедрения. Решается лишь частично, поскольку:
- осваиваются в основном области внедрения, посильные малым и средним фирмам;
- освоение часто идет довольно успешно, так как связано с удовлетворением "первого эшелона" пользовательских требований с неизбежным ростом этих требований трудности их удовлетворения будут быстро увеличиваться, перерастая с какогото момента возможности малой фирмы;
- на уровне современной технологии освоение решается крайне избыточно, поскольку ведет к многократному дублированию работ по реализации сходных программных компонентов различными фирмами.

Сейчас, пока спрос превышает предложение, эти факторы недостаточны для формирования массовой промышленной программной технологии. Однако с насыщением рынка их роль будет становиться заметнее и приведет в результате либо к вытеснению малых фирм большими, освоившими и контролирующими промышленную программную технологию, либо к достижению в этой технологии уровня стандартов и унификации, сравнимого с положением дел на рынке оборудования, где покупая у различных поставщиков компоненты, малая фирма может без особых дополнительных усилий создавать из них оригинальный продукт, способный найти своего покупателя.

2.3.2. Не будет преувеличением сказать, что особое место, которое заняла сейчас ПЭВМ в спектре средств ВТ, является следствием отставания архитектуры от технологии оборудования. Действительно, персональные машины представляют собой крайний случай децентрализованной структуры - множество несвязанной структуры - множество несвязанном структуры - множество несвязанном структуры - множество несвязанном структуры - множество несто,

ных рабочих мест. Реализация этого простейшего варианта была невозможна до тех пор, пока технология не достигла уровня, при котором достаточные для индивидуальной работы ресурсы стали паковаться в устройства настольных габаритов, сравнимые по стоимости с ценой одного рабочего места. С этого момента несовершенство архитектуры ЭВМ и организации коллективных вычислительных центров перестали служить сдерживающими факторами для резкого расширения сферы внедрения ВТ.

Кому адресована персональная ЭВМ? Сейчас - в первую очередь той весьма многочисленной категории специалистов, которые уже имели опыт применения ВТ в своей деятельности. Существенная часть их пользовательской активности может быть обеспечена теперь ПЭВМ, что полностью снимает с пользователя тяжелое бремя "накладных расходов", связанных с необходимостью вписываться в структуру коллективного ВЦ, операционной системы большой ЭВМ и т.д. Контраст в комфортабельности и эффективности работы при персональном и коллективном режимах толкает пользователя ко все большему замыканию на свою персональную машину. Этому способствует быстрый рост мощности таких машин, который создает иллюзию возможного обеспечения в сравнительно близком будущем практически неограниченных (в мастытабах массового пользователя) индивидуальных ресурсов.

2.3.3. Каково же реальное место ПЭВМ в развитии ВТ? Безусловно, та или иная часть функций АРМа может выполняться на базе персональных ресурсов. Однако, по-видимому, лишь простейшие виды деятельности, связанные с использованием ЭВМ, не требуют внешних связей хотя бы для обмена данными. Таким образом, проблема обмена данными пробивает первую брешь в концепции полностью автономного рабочего места: очевидно, что в общем случае ПЭВМ должна быть обеспечена возможностью обмена информацией с другими ЭВМ либо через совместимость носителей, либо по каналам связи. Отсюда следует, что система ПЭВМ (АРМов), обслуживающих коллектив специалистов, которые заняты взаимосвязанной деятельностью, т.е. образуют проблемно-ориентированный комплекс (ПОМК), должна, как минимум, представлять собой локальную сеть ПЭВМ. В общем случае работа этого коллектива может требовать ресурсов, не вписывающихся на данном этапе развития технологии в рамки персональных средств. Естественно, что при этом возникает задача организации режима коллективного использования общих ресурсов. - локальная сеть превращается в распределенную локальную ЭВМ.

Таким образом, появление, внедрение и развитие ПЭВМ представляет собой новую альтернативную тенденцию эволюции ВТ, противопоставляющую организацию "снизу-вверх" (стихийную,как мы видели, по своей природе) традиционному подходу организа-

ции "сверху-вниз", пытающемуся строить архитектуру систем на основе разработки оптимальной структуры комплекса в целом (сосредотачиваясь на решении проблем верхних уровней, традиционный подход уделял явно недостаточное внимание условиям работы пользователя). Обе эти линии развития при всей их кажущейся противоположности являются тем не менее взаимно-дополняющими. С одной стороны, развитие локальных комплексов идет в том направлении, которое неизбежно будет требовать решения все большего числа глобальных, т.е. касающихся всего коллектива, вопросов. С другой стороны, прогресс ПЭВМ осваивает в ускоренном темпе архитектурные концепции предыдущих поколений "больших" ЭВМ. Исчерпав возможности хорошо отработанных этапов, ПЭВМ, несомненно, достаточно скоро придет (уже приходит) к необходимости решать те же проблемы децентрализации и распараллеливания "сверху-вниз".

Проблема сбалансированной интеграции этих подходов к архитектуре является одной из важнейших задач разработки очередного поколения ЭВМ.

2.4. Дальнейшее развитие ВТ

Вышесказанное позволяет нам сделать некоторые выводы, касающиеся дальнейшего развития ВТ, в том числе и разработки очередного поколения ЭВМ. Основной задачей нового этапа является, безусловно, обеспечение подлинной массовости внедрения ЭВМ, для чего, в свою очередь, необходимо решить следующие основные проблемы.

2.4.1. Технология оборудования. По-видимому, по крайней мере, на ближайшие 10 лет развитие элементной базы связано с прогрессом технологии СБИС, в том числе с совершенствованием САПР СБИС, конечной целью которого является полная автоматизация цикла кремниевого программирования. "Стирание граней" между программированием и аппаратной реализацией в сочетании с дальнейшим ростом качества оборудования (объемы памяти, скорости рабочих циклов, миниатюризация и т.д.) обеспечивают практически неисчерпаемые резервы развития возможностей ЭВМ.

Не менее важным является совершенствование периферии, превращающейся фактически в аппаратную базу АРМов. Возможность "инъекции ресурсов" в любой компонент технического устройства, превращение его в специализированный процессор, подсистему, комплекс, позволяет наиболее естественным образом наращивать мощность процесса обработки за счет его все большей децентрализации и распараллеливания. Образно говоря, увеличение "объема" процесса происходит за счет его расширения "по периметру", т.е. за счет все большего вовлечения в него средств обработки на уровне периферийных устройств. Следует подчеркнуть, что этот рост качества должен происходить в основном в рамках ограничений по стоимости, надежности и габаритам, обеспечивающих возможность использования нового поколения периферии в массовой ВТ.

- 2.4.2. Архитектура. Реализация потенциала, обеспечиваемого развитием технологии оборудования, требует работы в нескольких направлениях, соответствующих различным уровням организации вычислительного процесса в ЭВМ. Сюда относятся:
- круг задач, связанных с внедрением техники микропрограммирования и кремниевого программирования, т.е. превращения программы, которая выступает в данном случае как спецификация функций будущего устройства, в микропрограммно-аппаратную подсистему, удовлетворяющую соответствующим технологическим и качественным (например, достаточный уровень распараллеливания) требованиям;
- проблематика организации взаимодействия автономных подсистем того или иного уровня локальности, - взаимодействие между СБИС внутри одного модуля, между модулями одного процессора, между процессорами в рамках подсистемы и т.д.; в частности, сюда же относится проблема разработки локальных сетей ЭВМ;
- совершенствование принципов использования общих ресурсов с целью минимизации ограничений на параллельность работы взаимодействующих с ними подсистем.

Решение этих задач позволит обеспечить эффективную реализацию "заказных" модулей и простоту их подключения на соответствующем уровне локальности, т.е. воплотить достаточно полно в архитектуре будущих ЭВМ принцип расширяемости (по диапазону функциональных возможностей, по наращиванию вычислительных ресурсов и т.д.).

- 2.4.3. Пользовательские функции ПОМК и каждого из АРМов, входящего в его состав, должны органически соответствовать характеру деятельности специалиста, участвующего через свой АРМ в работе коллектива на базе данного ПОМК. Дополнительные усилия на овладение функциями АРМа не могут превышать уровень, обычный для данной специальности при внедрении новой техники, а эффективность этого использования должна, по крайней мере, оправдывать затраты на оборудование.
- 2.4.4. Программная технология требует наиболее радикальной перестройки: за период создания нового поколения эта перестройка должна преодолеть дистанцию, отделяющую нынешний кустарный стиль производства программного обеспечения от уровня, соответствующего промышленной технологии.

Задача обеспечения массовости ставилась перед любым круп-

ным проектом 3ВМ, начиная со второго поколения. Однако это требование решалось каждый раз в плане технологии оборудования и архитектуры, при недооценке роли пользовательских функций и программной технологии. Качественное различие между пользователем-программистом и конечным пользователем начинает достаточно отчетливо осознаваться лишь к периоду четвертого поколения. Именно конечный пользователь является "конечной инстанцией", определяющей КПД индустрии ЭВМ, тем "клиентом", который "всегда прав", - это положение должно определять лицо новой ВТ и ее программную технологию.

3. ЭВМ И КОНЕЧНЫЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ

В настоящем разделе выделяются основные категории пользователей и намечаются принципы перестройки структуры функциональных средств ЗВМ, обеспечивающей широкое внедрение ВТ в различные области деятельности.

3.1. Основные типы пользователей

Выше, в п.2.1, мы рассмотрели структуру программных средств ЭВМ. В соответствии со своим местом в этой структуре каждая совокупность инструментальных средств может рассматриваться как:

- системная, т.е. достаточно универсальная, применяемая в качестве инструмента прямо либо опосредованно широким кругом пользователей с разной профессиональной ориентацией;
- специализированная, т.е. применяемая в качестве инструмента для создания программ, ориентированных на определенный, достаточно узкий класс пользователей.

Существенное различие в требованиях к этим двум категориям, наряду с выделением чисто пользовательских средств, определяет основные типы пользователей:

- (а) Системный программист специалист по разработке универсальных компонентов матобеспечения. Обладает профессиональной подготовкой, владеет инструментальными средствами разного уровня.
- (б) Прикладной программист специалист по разработке проблемно-ориентированных систем; как правило, владеет средствами, специализированными для соответствующей области применения.
- (в) Пользователь-непрограммист специалист, применяющий или пытающийся применять ЭВМ в своей деятельности, но не имеющий профессиональной программистской подготовки.Этот тип пользователей можно разделить на три группы:

- (в) специалисты, применяющие программное обеспечение, которое не требует "посредничества" профессиональных программистов и/или умения программировать;
- (в2) пытающиеся программировать сами (программисты-"любители"); начиная с программирования "на себя", часто имеют тенденцию к переходу в класс (б);
 - (в3) взаимодействующие с ЭВМ через программистов.
- (г) Потенциальный пользователь тот, для которого взаимодействие с ЭВМ могло бы приносить существенный выигрыш, чего он либо не осознает, либо не видит реальных путей к этому. Не будет преувеличением сказать, что к последнему типу прямо или косвенно относится подавляющее большинство людей и видов деятельности.

3.2. Эффективность использования ЭВМ

С качественной стороны реальных и потенциальных пользователей можно разделить на три класса:

- А. Те, пользовательская деятельность которых дает положительный эффект. Этот класс включает наиболее квалифицированных системных и прикладных программистов, а также непрограммистов подгруппы (в1). Очевидно, что эффективность пользовательской деятельности для программистов в значительной, а непрограммистов в решающей степени зависит от качества предоставляемих программних средств, т.е. от их функциональной полноты, уровня и "комфортабельности".
- Б. Те, деятельность которых ведет к отрицательному результату. В этот класс мы относим всех, реальный эффект пользовательской деятельности которых не оправдывает суммарных расходов на содержание соответствующего рабочего места. Сюда же следует включать и те "успешные" разработки, которые дублируют уже имеющиеся при более низких качественных показателях. Состав этого класса складывается следующим образом:
- недостаточно квалифицированные профессиональные программисты (отметим, что требования к средней квалификации при кустарном производстве намного выше, чем при промышленном, например, при работе на конвейере);
- непрограммисты, для которых проблемно-ориентированные пользовательские средства либо отсутствуют, либо не достигли достаточного уровня развития;
- квалифицированные программисты, деятельность которых обесценивается дублированием работ, связанных с недостаточной централизацией и координацией производства программного обеспечения; отметим опять-таки, что стихийность и распыленность в гораздо большей степени свойственны кустарному характеру производства.

В. Люди, не использующие ЭВМ. Нереализованность потенциальных возможностей повышения производительности труда,обеспечиваемых современной ВТ для многих "нетрадиционных" областей, может быть вполне приравнена к отрицательному эффекту категории "Б".

Таким образом, недоиспользование возможностей ВТ связано в первую очередь с нустарным хараютером технологии производства программного обеспечения, определяющим в свою очередь низкое качество и недостаточный объем (в смысле числа освоенных областей применения) программных средств.

Эффективность использования ЭВМ в народном хозяйстве не может повышаться только за счет увеличения суммарной мощности парка ЭВМ или улучшения показателей конкретных моделей, поскольку в конечном счете успешное использование этого парка обеспечивается только деятельностью программистов группы А. Увеличение численности профессиональных программистов за счет специалистов других областей имеет свои естественные пределы. Повышение среднего уровня квалификации для массовых профессий (к каковым уже сейчас относится программирование) - процесс весьма инерционный, не поддающийся форсированному ускорению. Кустарный характер производства не позволяет группе А обеспечить темпы развития функциональных возможностей ЭВМ, необходимые для реализации быстро растущего потенциала технических средств.

Постоянное расширение сферы применения ЗВМ стимулирует стихийное увеличение как общего, так и относительного числа программистов-непрофессионалов. Это приводит к парадоксальной ситуации, когда увеличение парка ЗВМ и рост удельного веса индустрии ЗВМ в народном хозяйстве ведут не к повышению, а к все большему снижению (за счет деятельности программистов категории Б) суммарного КПД вычислительной техники. Таким образом, расширение сферы использования ЗВМ и повышение эффективности ее использования в уже "освоенных" областях обусловлено необходимостью решения противоречивой, на первый взгляд, задачи: максимального увеличения числа людей, пользующихся ЗВМ, при одновременном максимальном сокращении числа программистов-непрофессионалов.

3.3. ЭВМ без программирования

Естественным путем решения этой задачи является такая организация взаимодействия между массовым пользователем и ЭВМ, которая обеспечила бы эффективное использование ЭВМ б е з программи рования обеспечила бы эффективное использование ЭВМ б е з программи словами, АРМ должен быть ориентирован на пользователя-непрограммиста, активно участвующего в работе человеко-машинного комплекса.

В проекции на пользователя каждый такой комплекс складывается из 2-х основных составляющих:

- (a) внутрисистемных функциональных компонентов, определяемых видом системы и областью ее применения;
- (б) "фасада" (подсистемы интерфейса с пользователем), обеспечивающего:
- простоту и естественность взаимодействия, его максимальную "комфортабельность" для пользователя;
- надежность, исключающую для пользователя возможность испортить в силу его неопытности как сам АРМ, так и доступные ему общие подсистемы комплекса.
- В идеале APM должен выступать по крайней мере в двух функциях:
- посредника, помогающего системе и пользователю успешно сотрудничать при решении общих для них задач;
- специалиста, понимающего пользователя "с полуслова", берущего на себя рассмотрение и предварительный отбор альтернатив, просмотр и подготовку нужной информации, решение вспомогательных задач, оформление необходимой документации и материалов.

При этом пользователь становится как бы руководителем группы квалифицированных помощников, способных справиться с набором технических задач и функций, характерных для данной профессиональной деятельности и определяющих в ней основной объем трудозатрат. Взаимодействие пользователя и АРМа осуществляется в диалоге с помощью средств, естественных для профессии пользователя и области приложения. Время реакции АРМа должно соответствовать требованию психологического комфорта для пользователя.

Таким образом, вопрос стоит в создании широкого спектра диалоговых проблемно-ориентированных систем сверхвысокого уровня, легко адаптируемых к специфике деятельности каждого конкретного пользователя.

3.4. Новая программная технология

Мы уже установили выше, что единственным подходом, обеспечивающим массовое внедрение ЭВМ, является переход к промышленной технологии производства программного обеспечения. Такая технология может быть осуществлена лишь на основе сбалансированного сочетания основных трех методов программирования - конструирующего, сборочного и конкретизирующего^{*}. Последние два метода основаны на существовании г о т о в ы х

^{*} См. Ершов А.П. Комплексное развитие системного программного обеспечения - постановка проблемы. - Новосибирск, 1983-38 с.- (Препринт/СО АН СССР, ВЦ, №469).

пи значительный фонд "наработок", позволяющих ставить вопрос об интегральной программе НИОКР, имеющей целью выделение, разработку и технологизацию интеллектуальных компонентов ПОМК и АРМа. Более подробно мы остановимся на этих компонентах в разделах 5-6, здесь же следует отметить, что основная часть проектов по представлению знаний и моделированию процесса понимания носила до сих пор демонстрационный характер, т.е. была посвящена исследованию и реализации некоторых конкретных, в большинстве своем весьма простых составляющих модели интеллектуальной деятельности. Суммарный результат этих работ ни в коем случае не составляет еще "критической массы", определяющей структуру интеллектуальной системы. Выработка представления об этой структуре, выделение основных функций, проецирование этих функций на модульную архитектуру, позволяющую перейти к разработке набора конструктивов для создания интеллектуальных компонентов - все эти вопросы еще предстоит решить. Важной составляющей рассматриваемой совокупности проблем является задача, выражаемая формулой "ЭВМ+естественный язык". Эта задача имеет несколько фундаментальных и прикладных проекций, которые будут рассмотрены в разделе 6.

4. НЕСКОЛЬКО СООБРАЖЕНИЙ ПО ПОВОДУ ПРОГРАММНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Автор не является специалистом в области системного программирования и не берется поэтому обсуждать проблему организации промышленной программной технологии по существу. Содержание данного раздела ограничивается рассмотрением некоторых "внешних" требований к новой технологии (п.4.1), а также перспективности продукционного подхода в качестве ее важной составляющей (п.4.2).

- 4.1. Программный технологический комплекс как фабрика
- 4.1.1. Особое значение для технологии имеет уровень средств функционально-пользовательской спецификации, образую+ щей внешний "фасад" любых компонентов технологического комплекса (ТК).

Технологическая обстановка системного программиста уже сейчас совсем не проста. Фабрика же ПОМК должна включать сот+

^{*} Ср. Ершов А.П., Чинин Г.Д. Проектная спецификация фабрики качественных трансляторов. - В кн.: Создание качественного программного обеспечения: Труды раб.конф.Межд.федерации по обработке информации.Новосибирск,1978, т.1, с.116-133.

ни и тысячи достаточно сложных компонентов, сложным же образом способных взаимодействовать между собою. В то же время она должна обеспечивать производительность труда несравнимо большую, чем современная, что возможно только при максимальной простоте и четкости принципов ее функционирования. Эти принципы должны обеспечивать специалисту, участвующему в технологическом процессе, способность легко ориентироваться в огромной машине ТК - вернее, в переплетении ТК и создаваемого ПОМК, - сразу находить нужный модуль, правильно его использовать, быстро настраивать, естественно переходить с режима на режим и т.д. Для этого в работе ТК должны быть выделены определенные группы стандартных операций, связанных с различными этапами технологического процесса, такими, как разработка нового модуля, конкретизация и настройка типового модуля, подключение его к другим компонентам и т.д. Выполнение каждой группы операций требует, как и при любом промышленном производстве, соответствующей профессиональной ориентации специалиста, который выполняет эти операции. Организация ТК должна обеспечивать оптимальную технологическую обстановку для каждого этапа производственного процесса. Таким образом, каждый компонент ТК (будь то подсистема поддержки или конструктив) должен быть снабжен языковым фасадом, определяющим в четкой и компактной форме его функции в проекции на технологические операции данного этапа. Фасад полностью закрывает компонент в том смысле, что блокирует доступ к тем его частям, которые не относятся к соответствующему этапу. Компоненты, используемые на нескольких технологических этапах, комплектуются системой фасадов, каждый из которых специфицирует определенный уровень доступа к данной подсистеме или модулю.

В этом отношении любой участник технологического процесса может рассматриваться как пользователь по отношению к подсистемам, с которыми он имеет дело на данной фазе процесса. Далеко не нова идея о том, что программная система в общем случае имеет не одного, а спектр пользователей: часть из них может быть конечными пользователями, выполняющими в ПОМК различные функции, другие - специалистами по адаптации, сопровождению и развитию базовой системы. Тем не менее, как правило, при современной технологии все эти пользователи "сливаются для разработчика в одну - мнимую - фигуру обобщенного пользователя, который чаще всего похож на программиста, осуществляющего следующий этап технологического цикла, - например, адаптацию. Настоящий конечный пользователь (пользователи) "не виден" разработчику, и это приводит к тому, что поль+ зовательский фасад у систем отсутствует, а пользователь вынужден достраивать ПОМК сам, любительски сооружая для себя

эрзац средств взаимодействия с системой, либо работать с нею, так сказать, в режиме "снятой передней панели". Осмелимся утверждать, что создание системы под пользоват ельского должно начинаться именно с разработки пользовательского фасада, т.е. с выбора совокупности пользовательских функций и ее языкового оформления.

- 4.1.2. Технология фабрики предполагает, что должны существовать следующие классы разработчиков APM и ПОМК;
- (a) системные аналитики, формирующие в сотрудничестве со специалистами от данной предметной области задание на разработку ПОМК/АРМ, которое включает:
 - определение функций будущей системы,
- спецификацию структуры и языковых средств ее пользовательского фасада,
- разработку общей схемы на уровне стандартных модулей и подсистем,
 - ТЗ на новые модули и средства их настройки;
- (б) системные программисты, разрабатывающие новые стандартные модули и подсистемы по техническим заданиям системных аналитиков, а также занимающиеся расширением и совершенствованием самого ТК;
- (в) прикладные программисты, создающие средствами инструментальной базы в соответствии с ТЗ функциональные модули системы:
- (г) технологи, обеспечивающие в соответствии с ТЗ сборку и настройку систем на соответствующего пользователя и предметную область;
- (д) специалисты сопровождения, отвечающие за адаптацию системы "по месту", ее сопровождение и развитие в пределах возможностей данной конфигурации.

Каждый из этих классов охватывает некоторый, возможно, достаточно широкий диапазон специализаций (например, характер работы настройщика подсистемы символьных преобразований и настройщика интерфейса на естественном языке совершенно различен). Обеспечение эффективности труда каждого разработчика требует соответствующей технологической поддержки, т.е. создания в составе ТК системы АРМов, ориентированных на любой тип разработчика.

В частности, важным и трудоемким этапом является подготовка документации, как используемой внутри ТК (от разработчиков-авторов к разработчикам-пользователям), так и комплектующей - для группы сопровождения и конечных пользователей. В связи с этим необходимой составляющей ТК является комплекс обеспечения ввода, редактирования и оформления текстовой информации.

Не менее важным компонентом ТК (а скорее всего, и каждого ПОМК) является организационная поддержка работ и исследований, ведущихся на основе ТК/ПОМК, своего рода АСУ реализации проектов и развития ТК/ПОМК. Таким образом, в состав ТК/ ПОМК должен включаться АРМ администратора-руководителя комплексного проекта.

- 4.2. Продукционная система как основа технологии широкого спектра специализированных модулей
- В настоящее время термин Продукционная система (ПС) характеризует определенный стиль программирования, при котором операционная часть программы представляет собой организованную совокупность правил-продукций вида

А ———> В. Здесь А является условием, отражающим определенные требования к состоянию данных, а В - оператором, специфицирующим действия, которые выполняются при удовлетворении условия А. Этот стиль программирования, недетерминированный по своей природе, принципиально отличается от традиционного и обладает по сравнению с этим последним рядом существенных достоинств и недостатков. В противопоставлении декларативного и процедурного подходов к средствам представления знаний и спецификации программ ПС занимают особое место, поскольку о них можно сказать, что они являются наиболее декларативным способом представления знаний среди процедурных и наиболее процедурным среди декларативных. В числе общепризнанных достоинств ПС основными являются следующие:

- (a) У н и в е р с а л ь н о с т ь в качестве метода программирования, что обеспечивает возможность создания многообразия проблемно-ориентированных ПС, отличающихся средствами представления правил и обрабатываемых структур.
- (б) Естественная модульность организации знаний в ПС.
- (в) Как уже было сказано, ПС присуща декларативно сть, что позволяет описывать с их помощью именно саму предметную область, а не соответствующие процедуры обработки.
- (г) Асинхронность, недетерминированность и естественная параллельность ПС делают их весьма перспективными для реализации на параллельных ЗВМ, вернее, для разработки вычислительных систем, рассчитанных на продукционные программы.

Изучение возможностей ПС активно ведется сейчас в двух основных направлениях. Первое - это исследование общих принципов и теории ПС, направленное на дальнейшее развитие архитектуры и мощности. Второе - разработка конкретных интеллек-

Не менее важным компонентом ТК (а скорее всего, и каждого ПОМК) является организационная поддержка работ и исследований, ведущихся на основе ТК/ПОМК, своего рода АСУ реализации проектов и развития ТК/ПОМК. Таким образом, в состав ТК/ ПОМК должен включаться АРМ администратора-руководителя комплексного проекта.

- 4.2. Продукционная система как основа технологии широкого спектра специализированных модулей
- В настоящее время термин Продукционная система (ПС) характеризует определенный стиль программирования, при котором операционная часть программы представляет собой организованную совокупность правил-продукций вида

А ———> В. Здесь А является условием, отражающим определенные требования к состоянию данных, а В - оператором, специфицирующим действия, моторые выполняются при удовлетворении условия А. Этот стиль программирования, недетерминированный по своей природе, принципиально отличается от традиционного и обладает по сравнению с этим последним рядом существенных достоинств и недостатков. В противопоставлении декларативного и процедурного подходов к средствам представления знаний и спецификации программ ПС занимают особое место, поскольку о них можно сказать, что они являются наиболее декларативным способом представления знаний среди процедурных и наиболее процедурным среди декларативных. В числе общепризнанных достоинств ПС основными являются следующие:

- (a) У н и в е р с а л ь н о с т ь в качестве метода программирования, что обеспечивает возможность создания многообразия проблемно-ориентированных ПС, отличающихся средствами представления правил и обрабатываемых структур.
- (б) Естественная модульность организации знаний в ПС.
- (в) Как уже было сказано, ПС присуща декларативно сть, что позволяет описывать с их помощью именно саму предметную область, а не соответствующие процедуры обработки.
- (г) Асинхронность, недетерминированность и естественная параллельность ПС делают их весьма перспективными для реализации на параллельных ЗВМ, вернее, для разработки вычислительных систем, рассчитанных на продукционные программы.

Изучение возможностей ПС активно ведется сейчас в двух основных направлениях. Первое - это исследование общих принципов и теории ПС, направленное на дальнейшее развитие архитектуры и мощности. Второе - разработка конкретных интеллек-

туальных систем, являющихся специализированными программными реализациями ПС.

Накопленный опыт разработки и использования ПС в различных приложениях, оформление продукционного подхода как перспективного метода создания развитых программных комплексов требуют исследования функциональной архитектуры ПС, т.е. построения достаточно общей модели продукционной системы. Такая модель могла бы лечь в основу технологического пакета для конструирования продукционного модуля "на заказ", т.е. по спецификации конкретных функций модуля в составе того или иного программного комплекса.

Задача создания пакета для производства ПС требует выделения основных составляющих продукционного модуля, рассмотрения типов их структуры и возможных вариантов различных сочетаний этих составляющих, обуславливающих ту или иную функциональную ориентацию каждой конкретной конфигурации ПС. По-видимому, не для всех задач продукционный подход является удобным и/или достаточно эффективным, однако область его успешного применения необычайно широка. Как показывает накопленный опыт, естественными приложениями продукционных методов являются:

- обработка текстовой информации;
- синтез и анализ объектов сложной структуры (речь,изображение, пространственные конфигурации и т.д.);
 - символьные преобразования, аналитические выкладки;
 - планирование и поиск решения;
 - логический вывод и т.д.

ПС могут являться основной или важной составной частью систем представления и обработки знаний самой различной ориентации, в том числе и такого быстро развивающегося класса комплексных интеллектуальных систем, как экспертные.

Следует отметить два существенных преимущества продукционного подхода, особенно важных на текущем этапе развития вычислительной техники. Это - естественная параллельность вычислительного процесса в ПС и удобство реализации ПС в виде машинных модулей, т.е. возможность построения конструктора ПС на уровне конструктивов специального класса продукционных ЭВМ.

Наиболее важной на ближайших этапах нам представляется работа в следующих направлениях:

- создание прототипа программного "конструктора ПС" на небольшом наборе сравнительно простых "строительных блоков", что позволит отработать минимум технологических требований к оформлению этих блоков, к введению процедуры их сборки и настройки;
- разработка средств (языка) спецификации ПС, в том числе средств спецификации основных подсистем и языка описания дан-

ных, включая систему правил;

- исследование возможностей сочетания продукционного подхода и средств декларативного представления знаний, в частности, встраивания в ПС активных типов данных, реализующих "локальный" вывод, который дополняет "глобальный" вывод, обеспечиваемый правилами-продукциями.

Нет сомнений, что к концу восьмидесятых годов это направление перестанет быть оригинальным стилем программирования и превратится в мощную, динамичную концепцию, определяющую качественно новый подход к созданию программных комплексов.

5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ЗНАНИЙ

Мы рассмотрим здесь четыре составляющих данной проблемы:
- логические основы человеческой системы знаний и необходимость разработки соответствующего формального аппарата;

- средства представления знаний:
- средства организации вывода, вычислений и преобразований;
- модели универсальных компонентов знаний о действительности (время, пространство, причина-следствие, количественные оценки и т.д.).

5.1. Примитивность существующих формальных систем знаний

Качество и сложность знаний, которыми мы научились оперировать в ЭВМ к настоящему моменту, примерно так же относятся к сложности реальных знаний, как содержание текстов из хрестоматии 2-го класса к миру "Братьев Карамазовых". В значительной степени это определяется теми весьма примитивными принципами идеализации реальных знаний, на которых до последнего времени базировался наш формальный аппарат. По мере того как мы пытаемся строить модели понимания, приближающиеся по своим возможностям к восприятию и переработке информации у человека, становится все более очевидным, что структура этой информации совершенно не соответствует по своему характеру тем формальным объектам, с которыми имеет дело традиционная математика. Если для этих последних считаются обязательными определенность, точность, полнота, замкнутость, непротиворечивость и т.д., то новые - антропоморфные - компоненты аппарата знаний отражают те свойства "человеческой" модели мира, которые характеризуются неполнотой, отсутствием точности, незамкнутостью, возможностью разного рода противоречий и т.д.

Учет каждого из этих факторов (мы будем называть их НЕфакторами), представление его роли в системе знаний соответствующими формальными средствами, исследование и адекватное отражение весьма тонких законов взаимодействия этих факторов между собой - огромная задача, размеры и важность которой нам еще только предстоит осознать. Хотя существующее несоответствие "средств" (современной математики) и "целей" (представления и обработки знаний) указывалось многими авторами и оно продолжает стимулировать все новые попытки создания нетрадиционных формальных аппаратов, однако все сделанное пока в самом общем виде сводится к следующему:

- Фаззи-направление, стимулируемое резким превышением спроса (важной ролью НЕ-факторов во многих прикладных областях) над предложением (почти полное отсутствие соответствующих средств), стремительно разрасталось, предлагая свои методы как панацею, однако до сих пор определение прагматики фаззи-формализмов в проекции на представление знаний остается весьма неопределенным, что порождает высокий процент чистых "симуляций формализации".
- Существует значительное количество разрозненных работ (в основном, в логике), моделирующих с той или иной степенью успешности те или иные в большинстве своем весьма частные элементы "нестандартных логических систем", этому направлению работ недостает (а) осмысления взаимосвязи отдельных результатов между собой и места каждого из них в общей картине, (б) определения возможностей и места логических методов в интегральной системе представления знаний.
- В то же время развертывание активных исследований только по одному из НЕ-факторов - недоопределенности* - показывает, какой существенный эффект может дать его включение в систему представления знаний. Принимая во внимание, что только основных, не учтенных пока в средствах представления знаний НЕ-факторов насчитывается не менее десятка, трудно даже представить масштаб того качественного скачка, который может быть результатом учета и перемножения их эффектов.

Подводя итог этому разделу, выскажем уверенность, что хотя бы при минимальном уровне общего языка среди исследователей, работающих в этой области, к 90-му году в системах знаний могут быть достаточно освоены такие факторы, как недоопределенность по значению, структурная недоопределенность, неточность, некоторые типы противоречий, и установлено место фаззи-аппарата (который, по-видимому, расщепится на несколько подклассов с разной прагматикой).

⁰ НЕ-факторах и недоопределенности см., например, А.С. Нариньяни "Недоопределенные модели и операции с недоопределенными значениями". - Новосибирск, 1982.- 33 с. - (Препринт/ВЦ СО АН СССР, №400).

Именно с этим направлением развития системы представления знаний связана перспектива неограниченного и быстрого роста интеллектуальности машинных систем последующих поколений. Возможность эффективного использования НЕ-факторов в интеллектуальных компонентах ЭВМ начала 90-х годов будет определяться активностью соответствующих работ в ближайшие 3-5 лет.

5.2. Средства представления знаний

Ничто лучше не отражает ситуацию в этой области, чем ведущися с переменным успехом на протяжении последних 10 лет глобальный спор на тему "процедурность или декларативность", который никогда не был бы таким долгим и ожесточенным, если бы не полный разнобой в системах понятий у участников дискуссии. Остановимся кратко на взаимоотношении различных средств представления знаний. Выделим три известных сейчас основных принципа программирования: традиционный, продукционный и декларативный. Первый определяется совокупностью алгоритмических методов представления знаний (т.е. является чисто процедурным), второй базируется на различных системах вывода (логики, грамматики и т.д.) и третий (чисто декларативный) - на моделях. Все три метода тесно связаны, всем трем соответствует определенное место в системе представления знаний.

Пример декларативных средств - семантическая сеть (объекты и отношения). Продукционный подход использует продукции или правила вывода, представляющие собой наиболее генерализованную форму процедурной интерпретации отношений. Фрейм как стандартизованный фрагмент знаний объединяет средства сети и продукций, но не является универсальным средством, поскольку служит для представления по кальных знаний. Общая же сеть и системы продукций представляют собой соответственно статическую и динамическую составляющие глобальных знаний.

Наконец, функция традиционного программирования - служить инструментальной основой для создания "программных машин", которые ориентированы на обработку знаний, представляемых в виде фреймов, сетей и продукций. Этот переход от алгоритмических языков уровня Паскаля к машинам обработки знаний может, и по необходимости, должен проходить через несколько уровней, на которых инструментальные средства "осваивают" недетерминизм, аппарат спецификации сложных динамических типов данных, частичный логический вывод и т.д.

Необходимо подчеркнуть тесную связь средств представления знаний с общими принципами технологичности. Не существует одного, оптимального "на все случаи", типа семантической сети, продукционной системы, фреймовой структуры. Функции и взаимосвязи этих компонентов в интеллектуальной системе могут быть весьма различными. Такая система может включать десятки модулей, использующих разные типы СемС, фреймов, систем вывода и т.д. Отсюда следует, что необходимо уметь оперировать широким спектром средств каждого типа, что в проекции на технологию означает необходимость создавать пакеты, которые позволят конструировать соответствующие модули по спецификациям, определяющим их функции и рабочие параметры.

 5.3. Средства организации вывода, вычислений и преобразований

Эти средства неразрывно связаны со средствами представления знаний, рассмотренными в предыдущем разделе.

Нам бы хотелось отметить тут наличие трех уровней процессов обработки данных (названия уровней выбраны весьма условно):

- (а) Глобальный реализуется системой правилпродукций, каждая из которых может обнаружить в совокупности
 данных специфическое (для конкретного правила) сочетание структур и значений и произвести в соответствии с этим преобразование данных и/или некоторое внешнее действие и/или изменить
 текущее состояние системы продукций (в частности, изменив порядок их применения или сами продукции). При всей своей универсальности глобальный процесс обладает существенным недостатком низкой эффективностью, связанной с необходимостью
 в общем случае просмотра всей совокупности данных.
- (б) Локальный реализуется за счет отношения, связывающего значения слотов фрейма (определение значений части из них автоматически приводит к доопределению других). Не столь универсален, как глобальный, но несравненно более эффективен. Приобретает особое значение в связи с разработкой типов данных, учитывающих НЕ-факторы, например, недоопределенных типов данных, позволяющих автоматически доопределять значения переменных, связанных системами отношений.
- (в) Φ у н к ц и о н а л ь н ы й осуществляется исполнением программ, которые реализуют процедуры- Φ ункции, участвующие в процессах уровней (а) и (б).

Отдельно следует отметить средства реализации универсальной процедуры, выполняющей роль машины (или системы машин), организующей поддержание данных и их обработку с помощью средств всех трех уровней.

5.4. Разработка универсальных компонентов системы знаний Для работ в области представления знаний до последнего времени в фокусе внимания находился вопрос КАК представлять и использовать знания. Вопрос, ЧТО представлять, естественным образом отходил на задний план ввиду понимания примитивности имеющихся пока средств – для дальнейшего развития и отработки частных механизмов текущих версий формального аппарата вполне хватало до предела упрощенных "игрушечных" миров, сооружаемых ad hoc в качестве материала для тестовых экспериментов. Исключениями являются лишь модели предметных областей, ставшие сферой специализации экспериментальных проблемно-ориентированных систем, претендовавших на прикладное значение (например, некоторые области медицины для медицинских экспертных систем). Однако и эти методы обычно предельно упрощены.

- В то же время достаточно очевидно, что:
- (а) Развитые ПОМК в своей предметной области должны обладать знаниями, сравнимыми со знаниями работающего с ними пользователя. Являясь частью общей модели мира, эти знания при всей их специализированности включают ряд универсальных составляющих модели, таких, как время, пространство, причинноследственные связи, параметрические и количественные оценки и т.д.
- (б) Формальные модели этих универсальных составляющих, кроме их фундаментальной важности как основных слагаемых общей модели, являются прекрасным "полигоном" для проверки гибкости имеющихся формальных средств и источником идей для их дальнейшего развития.

Не вызывает сомнения, что без достаточно разработанных и "пригнанных" друг к другу моделей универсальных составляющих не может быть и речи об адекватных интегральных моделях сложных фрагментов действительности. Будем надеяться, что развитие формальных средств уже достигло того порога, за которым соответствующие исследования примут серьезный и регулярный характер, - пока же нам известны лишь отдельные примеры таких работ, еще весьма далекие от того, чтобы претендовать на относительную завершенность.

Специальную технологическую проблему представляет собой заполнение и ведение Баз знаний даже при условии, что мы научимся конструировать и использовать такие Базы в интеллектуальных системах. Здесь возможно комбинирование двух методов:

- прямого, т.е. непосредственного восприятия информации о мире автоматической системой через включенную в нее систему рецепторов;
- к о с в е н н о г о, т.е. получения данных от человека (для больших и сложных Баз знаний это реально, по-видимому, только через ввод информации на ЕЯ).

Реализация этой последней возможности рассматривается нами в следующем разделе.

6. РАЗВИТИЕ ЭВМ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЯЗЫК

В проектах пятого поколения ЕЯ занимает одно из ключевых мест, и это не просто дань моде. Глубина и эффективность проникновения ВТ во все сферы человеческой деятельности, переход НТР в стадию активного симбиоза человека и ЭВМ зависит (после решения задач объемов и мощностей, надежности и дешевизны ЭВМ) в первую очередь от того, с какой скоростью и в какой степени ВТ будет овладевать естественным языком.

Ниже мы кратко изложим соображения по развитию четырех основных (включая звучащую речь) прикладных направлений, связанных с автоматической обработкой ЕЯ, а также рассмотрим тесную взаимосвязь исследований по разработке формальной модели ЕЯ с развитием интеллектуальных способностей ЭВМ.

6.1. Взаимодействие с ЭВМ на естественном языке

К началу 80-х годов специалистам, работающим над этой задачей казалось, что проблема уже практически решена для узких предметных областей. Однако первые же попытки внедрения экспериментальных прототипов ЕЯ-интерфейсов, в основном для анализа запросов к базам данных (БД), показали, что пока реально можно говорить лишь о достаточно примитивных процессорах, для которых свойственны следующие ограничения:

- доступный EЯ весьма ограничен, хотя, по-видимому, в некоторых областях его можно без особого труда навязать пользователю таким образом, чтобы пользователь оставался в пределах необходимых ограничений, не прилагая для этого значительных усилий;
- ведение связанного диалога находится еще достаточно далеко от уровня промышленного внедрения, в значительной степени это вызбано (а) отставанием работ по синтезу ЕЯ-текста и (б) отсутствием достаточно развитой модели ведения диалога (см. п.б.4). Общая надежность ЕЯ-интерфейсов и обеспечиваемые ими функции позволяют пока использовать их с успехом только в достаточно специальных контекстах. Поступательное движение вперед, основанное на экстраполяции имеющихся концепций и отработке технологии, обеспечит дальнейший рост возможностей лингвистических процессоров лишь в ограниченной степени. Преодоление порога, отделяющего лингвистические процессоры от уровня, способного обеспечить действительно надежный и гибкий ЕЯ-интерфейс, связано с необходимостью сущест-

венного прогресса в разработке формальной модели ЕЯ, которая ориентирована на описание языкового взаимодействия.

З в у ч а щ а я р е ч ь. Эта проблема распадается на две: техническую (акустика) и лингвистическую.

Акустическая часть этой задачи, по-видимому, в принципе уже решена, т.е. не является узким местом общей проблемы понимания слитной речи (ограниченной лексически и тематически), произносимой разными лицами. Лингвистическая (фонетическая) же составляющая представляет собой лишь часть общелингвистической проблемы, почти полностью совпадающей по своему содержанию с проблемой понимания ЕЯ-текста. И хотя сумма усилий (и расходов), потраченных на решение задачи распознавания речи, вполне сравнима, по-видимому, с объемом работ по автоматической обработке ЕЯ-текста, теперь не вызывает сомнений, что дальнейший прогресс работ по анализу и тем более по синтезу речи обусловлен успехом работ по формальной модели ЕЯ в целом.

Резюме. Уже сейчас очевидно, что прагматический подход к развитию надежных и гибких интерфейсов пользователь-ЭВМ должен строиться на сочетании естественно-языковых, форматизованных, графических и акустических средств, а также включать технику меню, подсказок, прямого взаимодействия с экраном и т.д. Активные работы в этом направлении являются важнейшей составляющей работ по языковым фасадам АРМов и должны увязывать системные, аппаратные, лингвистические, психологические и эргономические компоненты проблемы.

6.2. Машинный перевод

Современное состояние научной проработки проблемы обеспечивает достижимость вполне доброкачественного уровня пофразного промышленного МП. Общепризнанно, что полностью автоматический МП является делом достаточно далекого будущего, поскольку должен обеспечивать понимание связного текста на одном языке и изложение его содержания на другом. В области перевода научно-технического текста таких систем ожидать в ближайшие 10 лет не приходится.

Пока МП ориентируется на разработку систем, в той или иной степени использующих участие человека, т.е. систем автоматизированного перевода. Полностью автоматический перевод может использоваться при ограниченных формах языкового взаимодействия в узких предметных областях; в частности, возможны портативные ЭВМ, выполняющие функции двух или многоязыковых разговорников (простейшие машины такого типа уже выпускаются).

6.3. Автоматическая обработка ЕЯ-информации

Сюда относится широкий круг операций по использованию в ЭВМ ЕЯ-информации, основными из которых являются следующие:

- Автоматическая и н д е к с а ц и я текстов, вводимых в текстовые БД; качество автоматической индексации определяет эффективность использования таких БД. В настоящее время эти системы достаточно просты, однако работами по автоматическому анализу ЕЯ здесь заложены практически неограниченные возможности развития.
- Автоматическое понимание ЕЯ-текста, т.е. автоматический анализ текста, дающий на выходе формальное представление его смысла, которое может быть использовано как входная информация в различных ПОМК, в частности, в БД, вопросно/ответных системах, системах управления и т.д.
- Автоматическое реферирование должно обеспечивать не только понимание текста, но и сжатие его формы при максимальном сохранении содержания. Эксперименты, ведущиеся пока в этом направлении, носят весьма предварительный характер.

Очевидно, что указанные три проблемы перечислены в порядке возрастания сложности и необходимого для их решения уровня интеллектуальности систем обработки текста.

Так, системы индексирования уже сейчас носят прикладной характер и можно ожидать, что эффективность их будет быстро расти с освоением в данной области тех результатов, которые уже получены в области МП.

Автоматическое понимание связано с разработкой лингвистической модели связного текста и методов использования при анализе знаний о семантике и прагматике предметной области. Обе эти задачи еще весьма далеки от решения, хотя, по-видимому, к 90-м годам можно ожидать появления экспериментальных систем понимания ЕЯ-текста, дающих удовлетворительные результаты в ограниченных предметных областях. Но это, естественно, только при условии значительной активизации работ по двум упомянутым ключевым проблемам.

Успешное автоматическое реферирование требует, как уже было сказано, предварительного решения задачи понимания. При этом во главу угла ставится фундаментальная проблема выделения сути информации, т.е. сравнительная оценка важности тех или иных составляющих содержания. Как представляется, значительную роль здесь может сыграть успех работ по коммуникативной структуре текста, которые, по сути дела, сейчас только начинают разворачиваться. Промышленное автоматическое реферирование на основе суммы сегодняшних методов невозможно, хотя эти методы могут обеспечить достаточный начальный уровень ка-

чества для систем автоматизированного реферирования (тем более систем автоматизированного индексирования и понимания), весьма близких по своей структуре к ПОМК автоматизированного машинного перевода.

Уже сейчас возможны рентабельные ПОМК автоматизации редакционно-издательской деятельности, включающие наряду с индексацией, пониманием и реферированием такие функции "более низкого уровня", как контроль опечаток и переноса. Полностью автоматические ПОМК указанного типа вряд ли появятся в ближайшие 10 лет, однако степень автоматизации здесь может быть достаточно большой; в частности, к 90-м годам возможно, например, включение функций автоматизированного контроля и исправления стиля делового текста. Такого же рода подсистемы должны играть существенную роль в развитых ПОМК административно-канцелярской деятельности.

С и н т е з связного текста и тем более речи является в принципе более сложной задачей, чем анализ. Для того чтобы синтезировать "естественный" текст, необходима хорошо проработанная интегральная модель ЕЯ, ориентированная на реализацию коммуникативной функции языка (см.след.раздел).

6.4. Лингвистические работы и интеллектуализация ЭВМ

6.4.1. Спор о взаимосвязи лингвистики и искусственного интеллекта пока далеко не закончен. Нужны ли они друг другу? Еще найдется достаточно авторитетов на "обеих сторонах", которые ответят на этот вопрос "нет", однако такой экстремизм уже не может рассматриваться как серьезная позиция. Обе области исследования вступают все в более тесную связь друг с другом, объединяя усилия в разработке интегральной модели понимания. Граница между ними если еще не стала, то на глазах становится весьма условной; обе стороны активно используют результаты друг друга (к сожалению, часто не осознавая это), в основном, правда, занимаясь "изобретением велосипедов" по проблемам, требующим профессиональной поддержки соседней области и зачастую уже достаточно там разработанным. Однако сотрудничество быстро налаживается, делается все более прямым и полным, обе области активно развиваются "навстречу" друг другу. Специалистам по представлению и обработке знаний все более очевидно, что ЕЯ является естественным и ничем не заменимым источником проблем, которые надо решить, тестов, которым надо удовлетворять, механизмов, которые надо изучить и воспроизвести и т.д.

Трактовка ЕЯ как "машины", уникальной по своей способности служить средством экспликации наших знаний о мире и их передачи от человека к человеку, приводит к осознанию центрального места этой машины в исследованиях по искусственному интеллекту.

Исключительная важность EЯ в развитых системах ИИ определяется тем, что:

- ЕЯ является наиболее конкретным из доступных для исследования явлений, отражающих взаимодействие идеального и реального, субъективного и объективного, психического и физического; одновременно он же представляет это взаимодействие наиболее полно, в максимальной степени отображая его сложность и многомерность.
- Само существование ЕЯ как "стержневого" средства общения между людьми в той же степени определяет особенности человеческой модели мира, в какой отделяет человека от других существ, также обладающих своими моделями мира, но не "доросших" до ЕЯ как средства общения.
- 6.4.2. Вне зависимости от этих общих соображений, касающихся работ по интеллектуализации ЗВМ, ключевое место ЕЯ в расширении сферы эффективного применения ЗВМ уже достаточно определено. Выше мы упоминали такие важнейшие составляющие "компьютеризации", как языковые фасады АРМов, обработку и использование текстовой информации (в частности, ввод информации в Базы данных и Базы знаний), перевод, редакционно-издательскую, административно-учетную деятельность и т.д.

Существенная часть работ в этих областях достаточно активно ведется уже сейчас. Как уже отмечалось, переход к новому уровню качества требует одновременно и преодоления порога, отделяющего нас от нового поколения формальной модели языка.

Если идеалом машинной лингвистики начала 70-х годов была модель ЕЯ, охватывавшая морфологический, синтаксический и поверхностно-семантический компоненты языка в рамках отдельного предложения, то последовавший взрыв работ по структуре связного текста и теории речевого взаимодействия создал "критическую массу" идей и наблюдений, которые, как представляется, позволяют ставить задачу разработки формальной модели языка качественно нового типа. Уже сейчас очевидно, что перейти от модели фразы к модели связного текста совершенно недостаточно, что новая модель должна включать кроме этого:

- (а) контекст языкового взаимодействия и функции данного текста как коммуникативной составляющей этого взаимодействия, т.е. учитывать, кроме содержания текста, ту коммуникативную задачу, которую он выполняет;
- (б) знания о мире вообще и о конкретной ситуации, в которой происходит взаимодействие, включая модели автора и адресата;

(в) развитые механизмы восстановления на основе (а) и (б) информации по умолчанию на всех уровнях языка; пока это пло-хо удается даже на уровне синтаксиса (эллипсис), в частности, именно потому, что такие попытки делаются в основном "внутри предложения".

Не углубляясь здесь в "проработку ТЗ" будущей модели, можно высказать следующую (правда, весьма оптимистическую) оценку: при "посильной" координации лингвистических исследований первые, весьма упрощенные, но практически приложимые в диалоговых системах варианты модели могли бы быть созданы к 85-86 годам, гораздо более развитые - к началу 90-х годов и достаточно полные (естественно, в расчете на прикладные задачи) - к 2000 г. Важным фактором в развитии модели должна стать тесная связь исследований с машинным экспериментом.

6.4.3. Необходимо подчеркнуть еще одно направление влияния исследований по ЕЯ и структуре языкового взаимодействия на развитие программного обеспечения. С усложнением и ростом уровня средств программирования сегодняшний примитивный характер их синтаксиса не может не входить во все более явное противоречие с практикой программирования. В этом плане синтаксические формы средств программирования могут развиваться, "усваивая" естественные и мощные механизмы ЕЯ, но не включая "неадекватных" его составляющих, порождающих неоднозначность, нечеткость и т.д. Такой универсальный, живой и гибкий синтаксис необходим в промышленной технологии ПОМК для организации "поточного" производства языковых фасадов.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеллектуализация ЭВМ и промышленная технология производства, ориентированные на конечного пользователя программых систем, уже определились как две тесно связанные между собой доминанты нового этапа развития вычислительной техники.

В то же время именно они являются наименее развитыми составляющими индустрии ЭВМ, в значительной степени обесценивающими новые возможности аппаратных средств и тормозящими массовое внедрение вычислительной техники во все сферы деятельности.

Преодоление этого отставания - не просто важная задача. Основные развитые капиталистические страны осознают ее как проблему выживания - в военном отношении, в развитии всех отраслей хозяйства, в решении многих социальных проблем и т.д., что привело к организации долговременных комплексных программ, уступающих по своему масштабу лишь военным и космическим проектам.

Из приведенного выше рассмотрения со всей очевидностью следует, что работы по развитию средств интеллектуализации перспективных ЗВМ нуждаются как в координации, так и в ресурсной поддержке.

Это требует объединения соответствующих (пока относительно немногочисленных и плохо обеспеченных) групп вокруг нескольких конкретных проектов, увеличения численности этих групп и укрепления их технической оснащенности, значительного улучшения подготовки кадров.

Следует учитывать, что роль интеллектуальной информационной технологии с развитием средств вычислительной техники будет быстро возрастать, - таким образом, данные работы не только войдут составной частью в создание очередного поколения ЭВМ, но и заложат основу исследований, формирующих концепции последующих поколений.

* * *

Первая редакция данной работы была написана весной 1983 г. После активного обсуждения в течение месяца текст был значительно переработан отчасти с учетом полученных замечаний, отчасти для улучшения тех разделов, которые оказались недостаточно аргументированными. С мая 1983 г. текст принял окончательную форму, в которой "прожил" еще год в качестве своего рода "рабочего материала". С самого начала данный материал не предназначался для печати, однако многочисленные дискуссии, в которых автору пришлось участвовать на протяжении последнего года, убедили его, что ряд положений, учет которых он считает принципиально важным для развития отечественной вычислительной техники, нуждается в более широкой и активной пропаганде. В результате текст был дополнен кратким обзором зарубежных программ создания 3ВМ 5-го поколения и после незначительной редакции передан в печать в качестве настоящего препринта.

Автор выражает искреннюю благодарность всем коллегам, участвовавшим в обсуждении этого материала на разных стадиях его эволюции. В первую очередь это относится к В.П.Брееву, В.М.Брябрину, Ю.С.Вишнякову, Г.Р.Громову, В.Е.Котову, Д.Я.Левину, Э.Х.Тыугу, многочисленные дискуссии с которыми оказали значительное влияние на процесс подготовки и переработки материала. Особую благодарность хотелось бы выразить А.П.Ершову и С.С.Лаврову за наиболее подробный и глубокий анализ текста предварительной версии, который во вногом помог автору при окончательном редактировании работы. Автор считает также своим долгом с признательностью отметить большую помощь, которую оказала ему В.Л.Кричевская при подготовке материала к печати.

А.С.Нариньяни

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ЭВМ

Препринт

521

Рецензент А.П.Ершов

Редактор В.Л.Кричевская

Художник-оформитель И.Г.Бархатова.

Рукопись поступила в редакцию 27 февраля 1984 г.

Подписано в печать 26.6.84 МН 06038

Формат бумаги 60х84 1/16.0бъем 2,3 п.л.,уч.-изд.л.1,8.

Тираж 299 Заказ 357

Ротапринт ВЦ СО АН СССР, Новосибирск 90