

20. Синьков М.В. Непозиционные представления в многомерных числовых системах/ Синьков М.В., Губарени Н.М. — Киев: Наукова думка, 1979. —140с.
21. Frobenius F.G. Theorie der hyperkomplexen grossen/ Frobenius F.G. — Sitzungsber, 1897. —87p.
22. Clifford W.K. Applications of Grassmann's extensive algebra/ Clifford W.K. — Baltimor, 1878, Mathematical papers, N. J., 1968 — p.260-267.
23. Ландау Л.Д. Теория поля/ Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. — М.: Наука, 1967. — 156с.
24. Диментберг Ф.М. Винтовое исчисление и его приложения в механике/ Диментберг Ф.М. — М. Наука, 1965г. — 200с.
25. Люш В.В. Теория универсальных чисел и приложения ее к решению алгебраических уравнений / Люш В.В. — Труды II Всесоюзного математического съезда. — М.- Изд-во АН СССР, 1936. — Т.2. — С.49-56
26. Акушский И.Я. Основы машинной арифметики комплексных чисел/ Акушский И.Я., Авербаев В.М., Пак И.Т . — Алма-Ата: Наука, 1970 г.– 179с.
27. Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. Машинная арифметика в остаточных классах/ Акушский И.Я., Юдицкий Д.И. — М.: Сов. Радио, 1968. — 440 с.

УДК.719(438)

*Хоменко Л.Г.*

## **СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ, НАЧАЛО ОТХОДА ОТ БАЗОВЫХ ПРИНЦИПОВ ДЖ. НЕЙМАНА (1963-1966)**

На етапі 1963–1966 рр. вітчизняна промисловість переорієнтувалась на створення ЕОМ другого покоління. Розглянуті нові засоби програмного забезпечення на базі мови АЛГОЛ і загальні конструктивні особливості створення програмно — технічних комплексів другого покоління.

На этапе 1963–66 гг. отечественная промышленность переориентировалась на создание ЭВМ второго поколения. Рассмотрены новые средства программного обеспечения на базе языка АЛГОЛ и общие конструктивные особенности созданных программно — технических комплексов второго поколения.

Domestic industry was reoriented to create a second generation of computers. Consider new means of software based on ALGOL and

general design features created by software — hardware complexes of the second generation.

**Введение.** Выполняя постановление ЦК КПСС о максимальном ускорении научно-технического прогресса, отечественные ученые сосредоточили усилия на производстве новых эффективных средств ВТ (второго поколения). Острая потребность в быстродействующих средствах ВТ была вызвана определенной закономерностью развития современной научно-технической революции: рост глобальной сложности управления народным хозяйством страны достиг такого уровня, когда без повсеместного применения ЭВМ и автоматизированных систем управления (АСУ) объективно необходимые задачи управления с необходимой полнотой разрешить в эти годы стало уже невозможным. Так, при управлении сложным экономическим организмом крупного предприятия необходимо каждую секунду выполнять несколько сот миллионов математических и логических операций. Поэтому особое внимание уделялось построению технического базиса для выполнения принятого с 1959 г. семилетнего плана комплексной автоматизации производственных процессов на базе ЭВМ. Планировалось производство микросхем, типовых систем программного обеспечения (ПО), развертывание единой государственной сети кустовых вычислительных центров (ВЦ). [1]

**Развитие элементно-технологической базы.** Наряду с решением основной проблемы проектирования ЭВМ (усложнение алгоритмических структур и ПО) проводились исследовательские работы по совершенствованию элементно-технологической базы, приемлемой для построения новых средств ВТ. В действующих макетах вычислительных машин опробуются новые ферритовые оперативные запоминающие устройства (оперативная память — ОП) с различными типами выборки информации (2 Д, 3 Д), новые накопители информации с плавающими магнитными головками, новые системы полупроводниковых логических элементов с частотой переключения до 1500 кГц. Различными организациями делаются попытки установления единой унифицированной системы элементов. Решающая роль в улучшении частотных характеристик элементов принадлежала новой диффузионно-планарной технологии изготовления транзисторов (вместо сплавной технологии). К числу новых систем с импульсно-потенциальными связями относятся системы ЭТ, МАГНИЙ, ЭЛЕМЕНТ-2 и др. с потенциальными связями — система УРАЛ-10 и разработанные на ее основе МИР-1 и М-2К. Появились активные феррит-транзисторные элементы импульсного типа ФМ-125 (частота 125 кГц). Благодаря отказу от режима насыщения транзисторов получены токовые переключатели с частотой более 5 МГц (В.К. Левин, А.А. Соколов) [2,6]. Особая роль в развитии новых тенденций в проектировании элементной базы принадлежит возникшей в эти годы на стыке физики твердого тела и ряда прикладных областей науки и технологии новой быстро прогрессирующей области электроники — микроэлектроники. Этим положено начало качественному скачку в электронном машиностроении — переходу к микроминиатюризации аппаратуры, целью которого является не только уменьшение габаритов, энергопотребления и веса, но и резкое повышение надежности, частоты

переключений, рационализации монтажных работ и упрощение конструкции. Начавшиеся исследования проводились в направлении создания микромодульных конструкций, использующих дискретные детали (диоды, транзисторы, резисторы) в микроисполнении.

В принципиально новом направлении — микросхемном конструировании на основе осаждения тонких пленок и разработки твердых схем с формированием «радиодеталей» методами полупроводниковой технологии в самом объеме микрокристалла (Л.Н. Колесов, Ф.Г. Старос и др.).

Выпущенные серийно в эти годы диодные матрицы и системы микромодулей обеспечили более рациональный монтаж с плотностью размещения в  $1 \text{ см}^2$  до 30 микродеталей против нескольких (до пяти) деталей обычного исполнения. Значительный интерес среди разнообразия предложенных в эти годы новых элементов представляют динамические многоустойчивые элементы (спектротроны, хронотроны, синхротроны). Они характеризуются тем, что количество их устойчивых состояний непосредственно не связано со сложностью схемы, что открыло перспективу многократной экономии аппаратуры при переходе к недвоичному представлению информации. [4].

Новые прогрессивные системы элементов, отвечающие изложенным концепциям и тенденциям, нашли применение для конструирования бортовых вычислительных устройств в авиации и космонавтике, микросхемы (интегральные схемы) частично применены в портативной УВМ УМІ–НХ. В отношении технологии конструирования машинных структур характерной чертой этого этапа сделалось повсеместное применение модульно-узлового принципа, определяемого положенными в его основу типовыми модулями — дискретными элементами И, ИЛИ, «триггер» и др., размещенными на платах с печатным монтажом, соединяемыми в блоки. Применение «печатных плат» стало своего рода революцией в технологии ЭВМ. Этот «принцип платы» позволил механизировать монтажные работы и приступить к их автоматизации, повысить надежность и эксплуатационные характеристики машин, развивать концепции индустриальной технологии ЭВМ третьего поколения.

**Особенности ЭВМ второго поколения.** Специфика новых проблем в условиях развития автоматизации управления производственными процессами и методологическая концепция системного подхода наложили отпечаток на ход развития ЭВМ. Суть новых требований к ЭВМ состояла в автоматизации не только обработки информации, но и методов ее сбора, ввода и вывода в окончательно документированной форме, в широком применении алгоритмических языков программирования и программного обеспечения (ПО). Успехи в теории ЭВМ позволили конкретизировать дальнейшую тенденцию в развитии алгоритмических структур: эволюция принципа модульности привела к агрегатно-блочной компоновке, а принцип совмещения работы отдельных устройств получил воплощение в методах целесообразной компенсации неизбежных (в общей системе) задержек и в распараллеливании процессов вычислений. Так, глубокий внутренний параллелизм обработки потоков команд и операндов (прообраз конвейерного метода) при управлении памятью ЭВМ достигнут С.А. Лебедевым; исследуются

возможности однородных вычислительных сред (Э.В. Евреинов) и систем с арифметикой в остаточных классах (И.Я. Акушский). [2,3].

Рассмотренные предпосылки являлись основой появления ЭВМ более высокого качественного уровня; они отличались увеличенными объемами памяти, наличием системы прерывания программ и широкоформатных алфавитно-цифровых УВВ с устройствами подготовки данных, что расширило возможности кодировки, развития фразовой структуры языков и введения программных средств отладки. Появление большого количества индексных регистров и индексных ячеек ОЗУ (например, в ЭВМ МИНСК-2) позволило заносить в них не только поправки адресов, но и счетчики повторений цикла, базисные адреса (начала массивов программ и данных) и вспомогательные коды. Это повысило эффективность построения циклов и использования методов составления программ в относительных адресах, при которых программы и данные могут помещаться в разных местах памяти с последующей автоматической их «настройкой» по месту, и создало ряд других удобств.

Для новых машин разработаны более усовершенствованные устройства внешней памяти на лентах и барабанах МБ-9 с плавающими магнитными головками на воздушной подушке. К ним относятся несколько новых моделей в развитии сложившихся семейств универсальных ЭВМ М-20, УРАЛ, МИНСК, РАЗДАН, принципиально новая ЭВМ МИР, ознаменовавшая дальнейшее отклонение от неймановских принципов простой структуры, ЭВМ НАИРИ и т. д. Появление этих машин, воплотивших концепцию второго поколения, стало важнейшим достижением рассматриваемого этапа. В области развития управляющей ВТ основное внимание было сосредоточено на внедрении и модернизации ранее созданных УВМ.[2,3].

**Универсальные ЭВМ высокой и средней производительности.** Несколько типов машин высокой производительности, программно преемственных по системе основных команд с ЭВМ М-20, с аналогичными ей внутренними информационными связями (добавлен ряд команд переключения из одного на другой кубы памяти), разработано на импульсно-потенциальных элементах. В них заложены зачатки конвейерного метода обработки информации. Это семейство машин конструкторской школы С.А. Лебедева БЭСМ-3 М, БЭСМ-4, М-220 (построенных на потенциальных элементах БЭСМ-3 конструкции О.П. Васильева программно и структурно отличались от М-20).

Их производительность не превышала 20 тыс. оп сек., емкость оперативной памяти (ОП) составляла (соответственно) 4096–8192–1638445-разрядных слов, при этом в М-220 возможна ее модификация в указанных пределах. Им присущи многие черты современных машин, отвечающих Лебедевской программе развития универсальных ЭВМ. Так БЭСМ-4 имела развитую систему прерываний и возможность защиты памяти; каналы обмена информацией с другими ЭВМ и периферийными устройствами позволяли компоновать вычислительные комплексы с распараллеливанием общей программы на нескольких ЭВМ. Но рассматриваемые модели отличались проблемной ориентацией: если БЭСМ-3 М и ее более мощная модификация БЭСМ-4 способны решать не только

научные, но планово- производственные и учетно-статистические задачи, то получившая наиболее широкую популярность М-220 ориентирована для оснащения академических ВЦ и на решение сложных научных задач.[5]

Для этих машин создан автокод с транслятором (Автокодир), позволявший программировать уже не в условных адресах, а с использованием символических имен переменных. Это дало возможность довести до совершенства технику подготовки библиотек, в частности, для систем ИС-22 и ССП-2 А — новых модификаций соответствующих систем первого поколения. По своим характеристикам модели М-220 и БЭСМ-4 приближались к распространенной за рубежом ЭВМ ИБМ-7040, разработанной в те же годы. Однако трехадресная система их команд, обусловившая сильную машинную зависимость, затруднявшую реализацию трансляторов и ограничивавшую длину адресной части (что в свою очередь препятствовало наращиванию памяти), обладала рядом других недостатков — слабым развитием системы модификации, отсутствием аппарата свободного перемещения программ (отсутствия базирования) и т. д. Но необходимость сохранения программного фонда М-20 оказалась более сильным фактором, побудившим принять ее систему команд, и это явилось причиной исторического парадокса — программирование стало задерживать развитие машинных структур.[2, 5].

К классу машин высокой производительности относятся также построенные на единой системе потенциальных элементов одноадресные ЭВМ УРАЛ-11 и УРАЛ-14 с быстродействием около 50 тыс. оп сек. с единой архитектурой, единым интерфейсом и единой системой периферии, включавшей экспериментальные магнитные диски. Появление этих машин — существенный шаг к реализации выдвинутой одной из первых в мире идеи ряда совместимых ЭВМ, развиваемой конструкторской школой Б.И. Рамеева. В этих машинах, способных выполнять действия десятичной арифметики и предназначенных для решения планово-экономических задач и управления технологией (по 125 каналам), воплощен принцип информационной совместимости — единая кодировка на внешних носителях (при различных системах команд), введена развитая система прерываний и защиты памяти.

В отличие от УРАЛ-11 машина УРАЛ-14 может обрабатывать слова переменной длины (от одного до 24-х бит) и имеет базисные регистры для формирования исполнительного адреса, чем достигнута возможность наращивания ОП, комплектуемой из унифицированных блоков, до 65 536 слов, простого перемещения данных и защиты программ. Но отсутствие развитого ПО и значительные промышленные недоработки препятствовали организации совмещения процесса счета и работы с каналами ввода-вывода, свойственны мультипрограммному режиму, препятствовали реализации идеи ряда. [2] .

Широкое распространение в народном хозяйстве нашли сравнительно недорогие двухадресные ЭВМ среднего класса с быстродействием 5–6 тыс. оп сек. Это РАЗДАН-2 (Е.Я. Брусиловский) с объемом ОП 2048 слов и арифметикой с плавающей запятой и машины серии МИНСК (разработка школы Г.П. Лопато). Среди последних большой популярностью пользовались МИНСК-2 и особенно ее более мощная модификация МИНСК-22 с объемом ОП 8192 слов, которые

построенные с использованием единого комплекса импульсно-потенциальных элементов на 250 кГц. Они предназначены для решения производственных планово-экономических задач, поэтому особое внимание уделено объему и надежности внешней памяти, удобству работы с магнитной лентой — поиск нужной зоны осуществлялся как при движении вперед, так и при реверсе. Шагом вперед стало использование алфавитно-цифровых слов, состоящих из 6 шестизначных групп символов, и разнообразие форм представления информации, что позволило создать впоследствии достаточное развитие (ПО) для решения большого диапазона задач. Особенностью структуры МИНСК-22 является наличие системы приостановки процессора на время выполнения операций ввода-вывода. Впоследствии для машины был разработан символический машинно-ориентированный язык АКИ и большие пакеты стандартных программ.[2,5].

**Малые ЭВМ.** К числу малых ЭВМ, служащих для выполнения сравнительно несложных инженерных расчетов в условиях КБ или НИИ, относятся ЭВМ МИР, ПРОМИНЬ-М, НАИРИ. Важнейшим их достоинством полагались дешевизна и максимальная простота программирования, что наложило необычные требования к объему и стоимости аппаратуры, к методам подготовки программ. Эти требования при значительно возросших запросах к объемам вычислений и разнообразию численных методов в инженерной практике поставили перед разработчиками трудную проблему — проблему «внедрения» как можно более широких математических способностей в узкие рамки технического оборудования, т.е. проблему повышения «машинного интеллекта». Решение было найдено на пути дальнейшего развития структур. Первый шаг был сделан в ЭВМ ПРОМИНЬ и интерпретации языков высокого уровня структурой при ступенчатой организации микропрограммного управления, что открыло широкие возможности набора и гибкого изменения сложных действий, выполняемых машиной: операции типа трансляции, интерпретации, синтаксического анализа, действий с многозначными числами были заложены в микропрограммы.[5,6].

Техническим воплощением такого решения стал перевод алфавитных операторов пользовательского языка «МИР», интерпретируемых 72 макрокомандами, в разряд машинных операций ЭВМ МИР (В.М. Глушков, С.П. Погребинский). Этим достигнуто развитие внутреннего языка до уровня языка МИР и, как следствие, возможность непосредственного диалога (без громоздких программных методов преодоления барьера языковой несовместимости) между пользователем и ЭВМ, возможность применения более прогрессивных методов подготовки и отладки программ, изменения и исправления уже введенного алгоритма, формулы и т. д. К числу других новых решений, реализованных в машине, следует отнести магазинный принцип доступа к памяти при интерпретации арифметических выражений, с его помощью решались проблемы рекурсивного обращения к процедурам, динамического распределения памяти и т. д. А возможность выполнения действий с числами произвольной разрядности и диапазона обеспечила получение целочисленных промежуточных и конечных результатов, чем предупреждалось накопление ошибки. [7].



ЭВМ МИР имеет довольно емкую ОП — 409612-разрядных символов. Микропрограммы выполнены на сменных матрицах, что в принципе позволяют менять характер использования машины и состав ее арифметических и логических действий; создан пакет 179 прикладных программ; при этом алгоритмы, занимая минимальное место в памяти, требуют минимального числа операций (обычно алгоритмы, которые минимизируют пространство памяти, увеличивают время счета). В итоге достигнута высокая математическая эффективность ЭВМ МИР: подготовка и решение инженерной задачи длились примерно в 10 раз быстрее по сравнению с использованием традиционных методов и машин (например, М-220).

Хотя понятие «операция» в ее традиционном значении неприемлема для машин семейства МИР, путем сопоставления результатов решения принята ее ориентировочная эффективная производительность — 8 тыс. оп сек. Машина удостоена Государственной премии. Разработка малых машин ПРОМИНЬ, ПРОМИНЬ-М, МИР и проекта ЭВМ большой производительности «УКРАИНА» с развитой системой структурной интерпретации пользовательских языков сопровождалось формированием одной из первых в мире школ (В.М. Глушков, З.Л. Рабинович, И.Н. Молчанов, С.Б. Погребинский, А.А. Летичевский, В.П. Клименко и др.). Эта школа, проводящая в практику конструирования ЭВМ принципиально новую тенденцию — перенесение функций ПО в структуру машин (т. е. повышение машинного интеллекта), важнейшим аспектом которой является аппаратная реализация языков программирования высокого уровня.[2].

К числу малых машин относится также ЭВМ НАИРИ (Г.Е. Овсепян), построенная по принципу микропрограммного управления и работающая в режиме программно-аппаратной интерпретации входного языка, близкого к мнемокоду и включающего ряд операторов для инженерных расчетов (работа в режиме клавишного вычислителя). В этом смысле она близка к ЭВМ ПРОМИНЬ, но в отличие от нее здесь допускается также программирование в машинных кодах с использованием структурной системы компиляции, в связи с чем отличается и пакет стандартных программ, что в некотором роде расширило сферу применимости машины объемом ОП 102436-разрядных слова, быстродействие до 2 тыс. оп сек. Предлагавшиеся некоторыми другими организациями малогабаритные ЭВМ, с простой неймановской структурой, жесткой схемой управления и традиционными программными методами интерпретации алгольных языков (например, ЭВМ СЕВЕРОДОНЕЦК В.А. Барабанова) — обеспечить необходимую математическую эффективность при решении инженерных задач не смогли, поэтому относить их к специфическому классу малых машин нет оснований.[2].

**Специализированные и клавишные ЭВМ.** Успехи в области миниатюризации электронных структур позволили решить проблему создания портативных беспрограммных средств решения несложных учетно-плановых и инженерно-технических задач — настольных клавишных ЭВМ. Для них характерен ручной набор чисел (в десятичном представлении) перед каждой операцией, выбираемой из числа структурно реализуемых процедур арифметических действий и вычислений элементарных функций, составляющих машинную библиотеку

стандартных программ (БСП). Памятью машины являются регистры, для построения которых отдано предпочтение недорогим динамическим элементам последовательного типа — магнотриксционным линиям задержки. К числу первых экспериментальных настольных ЭКВМ относятся ЦВА-2 и ЛАДА (АН УССР), ВЕГА (завод СЧЕТМАШ, Курск) и др., обладающие весом до 25 кг и быстродействием до 300 циклов вычислений в минуту.[8].

Кроме рассмотренных ЭВМ, относящихся к универсальным вычислителям (с той или иной степенью ориентации на определенные классы задач), разрабатывались различные средства ВТ для узкоспециальных расчетов, что достигалось специальной фиксацией алгоритма и создания особой конструкции. Это многопроцессорный комплекс 5 Э51 для оборонных систем. ЭВМ СЕВЕР — для расчетов при наборе типографских шрифтов и верстке, МЕТЕОРОЛОГ — применявшейся при обработке метеоданных, ОНЕГА — для ведения почтово-кассовых операций и др.

Большим разнообразием сфер применения отличались аналоговые машины, среди которых появилось много новых моделей — ЭАСП, НК-200, МН-17 М, МН-18, ЭМУ-10, МСМ-1, АЛЬФА, РИТМ и др., что вызвало необходимость работ по унификации аналоговой аппаратуры; ее базой стал агрегатно-блочный принцип построения аналоговых вычислительных комплексов (АВК) любой мощности (Б.Я. Коган). Возрос интерес к моделям переменной структуры и АВМ с повторным решением, в связи с чем созданы машины АНАЛИЗАТОР, ИТЕРАТОР, ИПС (Г.Е. Пухов, В.А. Трапезников, В.Б. Ушаков).[9,10].

Но наиболее привлекательная проблематика, сложившаяся в эти годы, состояла в разработке теоретических основ построения гибридных вычислительных машин (ГВМ) и выяснения эффективных областей их применения, что значительно расширило возможности моделирования некоторых сложных процессов, требующих длительного программирования и чрезмерных затрат машинного времени на цифровых ЭВМ. На ГВМ упрощалось решение отдельных задач благодаря замене некоторой последовательности арифметических операций моделированием со скоростью переходных процессов, свойственным аналоговому методу.

В результате развернувшихся в этой области работ создан ряд новых цифро-аналоговых комплексов (ЦАВК). Некоторые из (УАВК) выпускались серийно, например, МИК-1 на базе УМ1-НХ и аналоговой модели МН-7. Разрабатываемые АВМ начинают снабжаться средствами комплексирования с цифровыми ЭВМ, появляются цифровые модели (ПОЛИНОМ), продолжается развитие идеи цифровой интегрирующей машины (НАВИГАТОР, МЕТЕОР, ЦДА-3, ИНТЕГРАЛ, МИМ и др.)[11].

В то же время массовый выпуск АВМ, отвечающих концепции второго поколения, сдерживался трудностями построения надежного транзисторного операционного усилителя с минимальным дрейфом нуля и защищенным от перегрузок выходным каскадом.

### **Появление новых средств программного обеспечения ЭВМ (ПО).**

С целью унификации разработок в качестве объекта научных исследований и конструирования средств ПО был избран АЛГОЛ — 60 единый



международный (воспринятый на первых порах как универсальный) язык программирования научных и инженерных задач, явившийся своего рода центром новой ситуации в советской ВТ. В прежде существовавших алгоритмических языках описание последовательности вычислений в виде логической схемы алгоритма было оторвано от самих расчетных формул. Другие языки использовали некоторые понятия, заимствованные из области машинной реализации и не свойственные математической сути задач. Символика первых языков была сложной и мало наглядной.

Описание синтаксиса Алгол в виде бекусовских нормальных форм и его общий логический уровень резко повысили роль теоретических исследований в программировании, разработка ПО оказалась элементом государственной технической политики, апробация новых систем ПО начала проводится межведомственной комиссией (председатель А.А. Дородницын). [12].

Однако представление о едином универсальном языке, открывающем возможность межмашинного обмена программами, вскоре рассеялось. В результате стремления к уменьшению сложности и трудоемкости программных работ по АЛГОЛУ был вызван к жизни ряд его специальных подмножеств, обогащенных наборами символов и операторов для организации ввода и вывода информации в виде массивов, таблиц и т. д. (МИР, САБСЕГ–АЛГОЛ, МИЛАН и др.). В то же время общность АЛГОЛА послужила толчком к созданию его расширений, чем преследовалась цель улучшения описаний не только вычислительных, но и других классов задач (ФОРМУЛА–АЛГОЛ, АЛЬФА и др.).

Начиная с «алгольного» периода программирование в СССР начало приобретать современный облик, его развитие становится менее специфичным и неотделимым от сложившейся к этому времени мировой тенденции. Первый существенный сдвиг в этом направлении связан с созданием трансляторов ТА-1, ТА-2 и АЛЬФА для семейства ЭВМ М-20, базировавшихся на системе ИС-2 для обращения к библиотеке СП. В ТА-1 (разработка С.С. Лаврова), благодаря отказу от рекурсий и ряда других ограничений языка АЛГОЛ, реализована компактная и быстрая схема трансляции без оптимизации с реализацией схемы программирования при помощи стека. В силу простоты и эффективности транслятор и его последующая модификация ТА-1 М быстро завоевали популярность. [13,14]. Главной задачей ТА-2 (М.Р. Шура-Бура) стала реализация практически полной версии АЛГОЛ-60, впервые применен метод таблично-управляемой генерации конструкций операторов, новый алгоритм реализации рекурсий и допускавшееся оборудованием М-20 и поле «виртуальной» памяти со сплошной адресацией (включая ОП и внешние запоминающие устройства (ВЗУ)). Методы трансляции, основанные на синтаксическом управлении, существенные результаты, в дальнейшем развитии которого получены Е.А. Жоголевым, впервые применены в ТА-2. Он более сложен по структуре, но его «область определения» намного шире, чем в ТА-1. С учетом возможностей новых ЭВМ семейства М-20 и добавлением некоторых оптимизирующих средств, позволивших получать более эффективные программы, разработана модифицированная система ТА-2 М. [13].

Основу АЛЬФА — системы (разработка А. П. Ершова), главной целью которой является высокое качество рабочих программ и приемлемая быстрота трансляции, составила расширенная (за счет матрично-векторной арифметики) версия языка АЛГОЛ. Систематическое применение функции расстановки, многовариантная система программирования процедур и циклов, экономия памяти и вычислений и осуществление ряда других оптимизационных преобразований на уровне промежуточного языка дают основание считать АЛЬФА — систему первым в стране оптимизационным транслятором.

Получаемые программы по качеству (объему памяти и времени счета) не уступали программам опытных программистов, производительность их труда (с учетом времени отладки) повысилась до 30 машинных команд в рабочий день. На подмножествах АЛГОЛ создаются трансляторы и для других ЭВМ (серии МИНСК, СЕВЕРОДОНЕЦК и т. д.). Разрабатывается первый «1-проходовой» (быстрый) транслятор с использованием модульного принципа и схемы управления, реализуемой посредством разложения входной цепочки на элементарные символы (Е. Л. Ющенко). Прежние трансляторы компоновали рабочие программы из программ, соответствующих отдельным операторам языка, для чего запись исходного алгоритма просматривалась несколько раз. [2]. Интенсивная работа над системами программирования привела к постепенной замене программистов-кодировщиков профессиональными системными программистами, снабжающими пользователей средствами «ПО». В связи с переориентацией сфер внимания программистских коллективов усиливается роль теоретического фактора, зарождаются научные школы в области автоматизации построения «ПО»; программирование уже рассматривается как искусство. Тенденция к автоматизации построения «ПО» нашла выражение в создании и применении языков-посредников для описания алгоритмов перевода. Например, в двухходовом трансляторе с АЛГОЛА и адресного языка, в котором последний выступал также в роли промежуточного. В исследованиях по созданию языков системного программирования (например, языка А–КОБОЛ), применению кросс-метода и построению инструментальных систем разработки ПО — например, АЛЬФА-системы и др. (Е. Л. Ющенко, А. П. Ершов, М. Р. Шура-Бура). [12, 13, 14].

Итак, исходными компонентами ПО стали АЛГОЛ, трансляторы, в которых стали включать средства синтаксической проверки, БСП и комплекты контрольных тестов. Ставшие общедоступными буквенно-цифровые устройства ввода-вывода устранили трудности с кодированием информации, способствовали развитию символических языков и средств отладки программ, а практика распечатки листинга, содержащего данные об обнаруженных транслятором ошибках, существенно ускорила процесс подготовки больших программ. Ранее, при ручной подготовке, время отладки росло в геометрической прогрессии по отношению к числу команд. А программы, имевшие большие массивы исходных данных и выдававшие множество промежуточных результатов счета, невозможно было записать в память ламповых машин; они вводились и считались по частям, при этом стыковка частей программы требовала дополнительных («паразитных») команд.

Ресурс памяти ЭВМ второго поколения уже целиком вмещал большинство ставившихся программ сложного характера, что упростило технологию прохождения задач. Опыт развития программирования на базе АЛГОЛа был обобщен в книге Е. А. Жоголева и Н. П. Трифонова «Курс программирования» (1964), сделавшейся основным вузовским учебником вплоть до появления ЭВМ третьего поколения. Дальнейшим шагом в развитии программирования и формирования концепции мониторной операционной системы (ОС) — системы программ, управляющих вычислительными ресурсами и логикой прохождения задач — были опыты по разборке однопрограммной системы АВТООПЕРАТОР, моделировавшей действия человека-оператора при пакетной обработке программ (С. П. Суржилов). Для этого машина М-20 была оборудована системой прерываний и процессором ввода-вывода. Управляющая программа системы (монитор), постоянно находившаяся в памяти, в соответствии с отперфорированными на языке заданий директивами обеспечивала прохождение задач, сформированных вручную в пакеты и оставленных на операторный счет. Она также организовала совмещение счета с вводом программы, автоматический вызов трансляторов, отладочных программ и др. Началась разработка мониторных систем ОС4-220, ОС ДМ-222, ос БЭСМ-4/МГУ для машин семейства М-20 и др. [15].

Развитие мониторных систем с использованием загрузчиков и ассемблеров, работающих в полностью автоматическом режиме пропуска пакетов программ пользователей с помощью языков управления заданиями, оказало влияние не только на эффективную производительность ЭВМ, но и на стиль их использования. Для них сделался характерным «закрытый режим», при котором вмешательство пользователя в процессе решения недопустимо (в противоположность индивидуальному пультовому доступу с использованием всех машинных ресурсов, свойственному первому поколению ЭВМ).

«Закрытый режим» обеспечил организацию работы процессора, близкую к оптимальной. Но удлинил процесс отладки, а постоянное хранение монитора обострило проблему места в памяти и вызвало необходимость ее существенного наращивания, потребовало совершенствования системы динамического распределения и защиты страниц памяти, отводившихся для каждой задачи. Большую роль в формировании современных взглядов на ПО и архитектуру ЭВМ сыграл конгресс ИФИП (1965 г.). На конгрессе концепция мультипрограммной ОС, разделения времени (мультидоступа), совместных серий ЭВМ и др. стали объектом делового интереса советских специалистов.

**Выводы.** Полученные важные результаты по абстрактной и прикладной теории алгоритмов, по программированию и массовый выпуск транзисторов способствовали появлению таких ЭВМ, уровень развития архитектуры и ПО которых соответствовали идеологии второго поколения с упрощенной технологией прохождения задач и 2-кратным ростом полезной загрузки. Дальнейшая эволюция этих тенденций, развитие системы прерываний, защита памяти и усложнение ПО (появление трансляторов, мониторных систем, виртуальной памяти и др.) означали, начало отступлений от базовых принципов простой структуры Неймана (предполагавшего лишь структурный путь самоизменения программ),

создания основ мультипрограммирования, мультидоступа (разделения времени) и повышение «внутреннего интеллекта» ЭВМ.

Вторая особенность этого этапа — создание перспективности гибридизации, сочетания достоинств как цифровой, так и аналоговой ВТ, отличающейся колоссальным быстродействием и дешевой, но не высокой точностью и сложностью перестройки структуры при изменении задачи.

Третья особенность — переход от эпизодического использования ЭВМ лишь в счетных целях — к практике кибернетического (системного) применения в составе автоматизированных информационных систем сбора, обработки данных и принятия управленческих решений (АСУ разных классов). Однако построить единую сеть ВЦ и осуществить комплексную автоматизацию национального производства на базе ЭВМ не удалось, процесс перехода от ЭВМ первого поколения ко второму и обновление машинного парка затянулось более чем на 10 лет, а по своим характеристикам наши ЭВМ на целое поколение отстали от зарубежных. Там же появились программно-совместимые системы третьего поколения ИБМ-360, Спектра — 70/США/, Система — 4 /Англия/, Сименс -4004 /ФРГ/ с развитым мультипрограммным ПО, на модели СДС-6600 /США, 1964 г./ достигнута производительность более 3 млн. оп сек., построенные вычислительные сети Сейбернет, Спадасте, Сейбр и АСУ различной проблемной ориентации и различных уровней управления.

#### **Список использованных источников:**

1. Глушков В.М. Введение в АСУ/ В.М. Глушков. — К.: Техника, 1973. — 312 с.
2. Хоменко Л.Г. История отечественной кибернетики и информатики / Л.Г. Хоменко. — К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАНУ, 1998. — 455с.
3. Глушков В.М., Барабанов А.А. и др. Вычислительные машины с развитыми системами интерпретации / В.М. Глушков, А.А. Барабанов. — К.: Наук. думка, 1970. — 260 с.
4. Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексенко. — М.: Сов. радио, 1970. — 350 с.
5. Королев Л.Н. Структуры ЭВМ и их математическое обеспечение / Л.Н. Королев. — М.: Наука, 1978. — 352 с.
6. Майоров С.А. Технология производства вычислительных машин / С.А. Майоров. — М. — Л.: Машиностроение, 1965. — 41 с.
7. Хоменко Л.Г. Мир — машина для инженерных расчетов/ Л.Г. Хоменко // Энциклопедия кибернетики, 1974. — Т. 1. — С.606.
8. Четно — клавишные машины: Реферативный сборник — М.:ЦНИИТЭИ Приборостроения, 1969. — 65 с.
9. Пухов Г.Е. Методы анализа и синтеза квазианалоговых электронных цепей / Г.Е. Пухов. — К.: Наукова думка, 1967. — 568 с.
10. Анисимов Б.В., Голубкин В.Н. Аналоговые вычислительные машины / Б.В. Анисимов, В.Н. Голубкин. — М.: Высшая школа, 1971 — 448 с.
11. Каляев А.В. Введение в теорию цифровых интеграторов / А.В. Каляев. — К.: Наукова думка, 1964. — 291 с.

12. Криницкий Н.А., Миронов Г.А., Фролов Т.А. Программирование / Н.А. Криницкий, Г.А. Миронов, Т.А. Фролов. — М.: Наука, 1966. — 599 с.
13. Ершов А.П., Шура — Бура М.Р. Пути развития программирования в СССР/ А.П. Ершов, М.Р. Шура-Бура // Кибернетика. — 1976. — №6. — С.141 — 160.
14. Ляшенко В.Ф. Программирование для цифр. Вычислительных машин М-20, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220 / В.Ф. Ляшенко. — М.: Сов. Радио, 1967. — 430 с.
15. Суржиков С.Н. Автоматизация пользования машиной среднего класса типа М-20 (Автооператор — 2) / С.Н. Суржиков// I Всесоюзная конференция по программированию. Операционные системы (Киев, ноябрь 1968 г.). — К.: — С.3 — 16.