

## The Development of Modern Technologies – Is the Basis of a Sustainable Economy?

**Andronaty N. R.**

Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova  
Chisinau, Republic of Moldova

**Abstract.** The significance of the problem of providing technological assurance of processes is demonstrated based on examination of the development of computer technology in Moldova. Only human potential availability of well trained professionals, logistics and coordination of the whole process of the work cycle from research to production can provide a high level of quality, contribute to promoting and ensuring market competitiveness of manufactured products. It is demonstrated that there are many areas that require the use of computer systems, including analog and digital specialized electronic machines. Providing conditions for the evolution of new technologies and their development is the most important prerequisite for sustainable economic development.

**Keywords:** technology, computer science, competitiveness, sustainable economy.

### Dezvoltarea tehnologiilor - baza economiei durabile?

**Andronati N.R.**

Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei  
Chisinau, Republica Moldova

**Rezumat.** În baza examinării dezvoltării tehnicii de calcul în Republica Moldova s-a evaluat semnificația problemei asigurării tehnologice a proceselor de fabricație. Numai disponibilitatea de potențialul uman bine pregătit profesional, de baza materială și o bună coordonare a întregului proces de activitatea în ciclu de la cercetare la producție poate asigura un nivel ridicat de calitate, să contribuie la promovarea și asigurarea competitivității pe piață produselor fabricate. Se arată, că există multe domenii care necesită sisteme de calcul, care includ mașinile electronice analogice, cât și mașinile electronice digitale de calcul specializate. Asigurarea condițiilor pentru dezvoltarea de noi tehnologii și dezvoltarea lor este prezentată ca fiind cea mai importantă condiție pentru dezvoltarea economică durabilă.

**Cuvinte-cheie:** tehnologia, tehnica de calcul, competitivitatea, economia durabilă.

### Развитие современных технологий - основа устойчивой экономики?

**Андронати Н.Р.**

Институт энергетики АНМ  
Кишинев, Республика Молдова

**Аннотация.** На примере развития вычислительной техники в Республики Молдова дана оценка значимости проблемы технологического обеспечения процессов производства. Только наличие кадрового потенциала, материальной базы при хорошей координации работ на всем цикле от исследования до поставки на производстве может обеспечить высокий уровень по качеству, содействовать продвижению и сохранению конкурентоспособности на рынке. Показано, что существует еще много областей деятельности, которым необходимы специализированные вычислительные системы, включающие как аналоговые, так и цифровые вычислительные машины. Обеспечение условий для развития новых технологий и их развитие представляется в качестве наиважнейшего условия для устойчивого развития экономики.

**Ключевые слова:** технологии, вычислительная техника, конкурентоспособность, устойчивая экономика.

### ВВЕДЕНИЕ

Экономическая деятельность является очень многогранной, а все участвующие в данных процессах юридические и физические лица стремятся каждый к своей цели. Уже это замечание указывает на многовекторность интересов и сложности взаимодействия участников этого процесса.

Многовекторность является естественной предпосылкой для постоянного существования конфликта интересов между всеми участниками, вступающими в партнерские взаимоотношения, поскольку вне этих взаимоотношений не могут существовать и экономические отношения. Можно предположить, что, несмотря на сложный характер взаимодействий, большинство

активных участников экономической деятельности должны быть заинтересованы в поддержании стабильности экономики и роста экономики. В этом не менее заинтересовано и все население страны.

Исходя из отмеченного, можно предположить, что всегда имеются предпосылки и возможности гармонизации интересов на национальном уровне, причем суть этого интереса можно сформулировать, как стремление обеспечить устойчивое развитие экономики, а обобщенной целью служит обеспечение личного и общественного благосостояния.

Если условием достижения благосостояния является устойчивая экономика, то естественным является и вопрос, как это обеспечить. Многовекторность интересов и характера развития указывает и на множественность возможных мер и действий, при реализации которых можно достичь поставленной цели – устойчивого развития экономики при наличии достаточно хаотичных и внешне мало управляемых процессов в современном мире. Если существует многовекторность и сформулирована цель, естественно предположить возможность ее достижения при применении адекватных управляющих воздействий на экономическую деятельность, и, с большой вероятностью и в области социальных отношений. Можно отметить, что по своему конечному влиянию различные управляющие воздействия будут иметь неравноценное влияние на достижение конечного результата. Следовательно, исходя из принципа оптимальности управления сложными системами, необходимо определить и оценить возможность применения для их управления самых действенных форм реализации управляющих воздействий.

Таким образом, полагая, что мы в общем виде рассматриваем сложную систему, которая характеризуется и собственными индивидуальными признаками и свойствами, то необходимо четко и обоснованно определяться с основами и критериями построения эффективной системы ее управления для обеспечения поступательного развития. Этот выбор должен базироваться на сущности явлений, протекающих в рассматриваемой системе, в совокупности, и на последовательность их реализации в данной структуре. Определение значимого

придании ее развитию поступательного характера, который мы осознаем в форме

фактора или набора значимых факторов, определяющих поступательное развитие системы, представляется фундаментальной задачей выбора стратегии, как текущего управления, так и поступательного и устойчивого развития. Поскольку отметили, что различные системы и структуры характеризуются как общими, так и своими индивидуальными признаками, то с целью иллюстрации некоторых положений о важности выбора и организации системы управления, или как говорят сегодня, менеджмента, для поступательного и устойчивого развития остановимся на истории вычислительной техники в Республики Молдова. Этот структурный сегмент экономики был и является не только очень актуальным и передовым, с точки зрения уровня развития техники, имеет очень существенное влияние на развитие социальной сферы и других отраслей, но может стать и источником новых угроз и вызовов, что и является субъектом анализа в данной работе.

#### **Вычислительная техника как важный сегмент современной экономики и жизни**

В настоящее время трудно представить какую-нибудь отрасль экономики в мире, которая обходилась без вычислительной техники. Не зря эти устройства и технологии называют иногда «электроном мозгом» человека, хотя и существенно отличаются от него. Со временем, ЭВМ придется выполнять всё более сложные виды работ, которые раньше были доступны только человеческому мозгу.

По виду сигналов, с которыми работают вычислительные машины, они подразделяются на аналоговые и цифровые вычислительные машины. В последнее время появился еще один класс вычислительных машин – гибридные вычислительные комплексы или системы. Отметим, что развитие вычислительной техники происходило, и очевидно и в будущем будет происходить при смене приоритетов развития того или иного подкласса вычислительных машин. В последнее время, всё чаще рассматривают только цифровые машины, поскольку всё то, что выполняет аналоговая машина, присуще и цифровой. Однако это не

значит, что аналоговые машины не нужны и их следует отправить на металлолом. На аналоговой машине многие задачи можно решать гораздо быстрее, нагляднее и с меньшим усилием, чем на цифровой. До недавнего времени эти машины использовали при решении задач, описываемых дифференциальными уравнениями, в том числе, и в частных производных. Они применялись (и до сих пор применяются) для изучения и анализа поведения различных физических систем – от управляемых снарядов (ракет), в системах управления производством, разведке в нефтяной и газовой промышленности. Эти машины могут моделировать величину воздействия аэродинамической силы на рули управления ракеты или обеспечить изменение её траектории во время полета.

По терминологии А. А. Самарского решение многих физико-математических задач базируется на процедуре проведения «вычислительного эксперимента», что по своей сути является параметрическим анализом изменения состояния объекта при изменении внешних и внутренних условий его функционирования. В этом случае небезразличны взаимоотношения исследователя и модели, форма существования модели, степень её адекватности объекту, возможность быстрого изменения модели, качество отображения смешанных (полунатуральных) моделей и реальных объектов. Это важно на всех этапах жизни любой сложной системы, в том числе из производственной сферы. Отметим, что сам вычислительный эксперимент может быть организован на различных вычислительных машинах.

Поскольку в реальности события и процессы имеют как непрерывный, так и дискретный характер, то возникает проблема сопряжения этих особенностей, как в математической модели, так и в процедуре численного и аналогового решения. Естественен и сам ответ, как следовало бы это сделать наилучшим образом. Необходимо, чтобы использовались соответствующие вычислительные средства, у которых физические принципы работы согласованы в наибольшей степени с сущностью исследуемого явления. В этом случае достигается не только наиболее точное моделирование изучаемой или управляемой системы, но это можно достичь с

наименьшими усилиями и затратами. Другим очень важным моментом представляется оперативность и гибкость, как при моделировании, так и при обсчете возможных вариантов поведения системы в нестандартных и/или аварийных режимах с целью принятия и выполнения правильных решений в случае ограничений во времени. Такие ситуации не могут быть исключены, как ни маловероятны они, но последствия их неуправляемого развития могут быть очень тяжелыми или иметь катастрофические последствия. Можно указать на задачи обеспечения динамической устойчивости электроэнергетической системы (время выпадения из синхронизма составляет несколько секунд в случае сложной аварии), устойчивости работы электрических станций, и, в первую очередь, атомных электростанций, химических производств, транспорта – наземного и авиационного и т.п., при возникновении нестандартных ситуаций. Причем, в этом случае наиважнейшим параметром является скорость получения решения и принятия оптимального или наиболее приемлемого действия, исходя из минимизации рисков и последствий в экономике, социальной сфере, а сегодня и для окружающей среды.

Например, при моделировании динамики сложных технических систем атомной энергетики в реальном масштабе времени необходимо решать системы дифференциальных уравнений больших порядков, что требует от ЦВТ высоких характеристик производительности (сотни миллионов и более операций в секунду). Традиционно для решения таких систем используется аналоговая вычислительная техника (АВТ), которая обеспечивает необходимую производительность и точность решения.

Сложность инфраструктуры и взаимодействий различных сегментов экономики и социальной сферы настолько возросла, что единственным возможным и приемлемым подходом для обеспечения устойчивости является постоянное управление на основе применения математических моделей, вычислительного эксперимента и специализированных вычислительных средств, объединенных в вычислительные многофункциональные и многопрофильные системы.

Удачным решением для задач такого уровня представляется предложение о применении гибридных вычислительных машин, которые объединяют преимущества как аналоговых, так и цифровых ЭВМ. В СССР был накоплен уникальный опыт разработки аналоговых, цифровых вычислительных машин и гибридных вычислительных системы (ГВС). Во многих разработках были использованы технические решения, превышающие мировой уровень в данной области техники. Это обеспечило разработчикам этой техники лидирующие позиции на этом сегменте ВТ.

Отметим, что одним из недостатков современных ЭВМ являются так называемые «сбои» в работе машины. Чтобы исправлять эти «сбои», необходимо их обнаружить с помощью систем контроля логических преобразований информации. Для этого компьютер должен иметь избыточность в структурном, информационном или программном обеспечении. Эту избыточность необходимо предусмотреть и еще на стадии разработки технического задания. В этом контексте мы просто пытаемся следовать решениям, которые подсказывает нам сама природа и жизнь. Например, ликвидация сбоев и обеспечение высокого уровня функциональности характерна для человеческого мозга. Подобная функциональная избыточность предусмотрена самой природой, что позволяет обеспечить исключительно высокую функциональную надежность мозга. Этот биологический объект, представляет по своей сути то, что мы сегодня называем компьютер, но реализован как биологический объект, обладающий свойствами адаптации, обучения и управления. Исходя из возрастающей роли и объемов применения вычислительной техники во всех отраслях экономики и социальной сфере, очень желательно, чтобы современные компьютеры имели высокую надежность и способность адаптации к изменяющимся условиям применения подобно той, что характерна для мозга человека.

Одной из самых актуальных и дискуссионных проблем науки последних десятилетий является создание машин, по своим характеристикам и возможностям близким к возможностям человеческого мозга. Эту задачу можно решить только совместными усилиями инженеров, физиков,

математиков, с одной стороны, и биологов, физиологов, психологов с другой. Можем сказать, что последнее высказывание представляется одним из ключевых, является основополагающим принципом комплексного решения сложных задач, влияющих на устойчивость экономического развития.

Если сегодня оглянутся и оценить некоторые стратегические решения, принятые в свое время в СССР, можно констатировать, что не всегда они были приемлемы и перспективны для будущего развития. Например, копирование зарубежных разработок фирм IBM и переход на производство ЭВМ ряда ЕС привело в итоге не только к потере имеющихся заделов и научных школ, но и к структурным изменениям в производстве, а это уже экономика в чистом виде. Негативным последствием стало научное, и может быть самое главное последствие - технологическое отставание не только в области вычислительной техники, но и в экономике. Очевидно, при принятии решения о свертывании собственных разработок, в том числе и собственных технологий в области вычислительной техники не учли высказывание композитора С.В.Рахманинова «... неизмеримо прекраснее творить, чем подражать».

#### **Отрасль вычислительной техники в Республики Молдова. Предпосылки развития отрасли**

Начиная с 1965 года, в Республике Молдова начала бурно развиваться отрасль производства вычислительной техники. Этот этап развития отрасли продолжался включительно до 1995 года. За это время был достигнут высокий уровень развития, что дало возможность выпускать вычислительную технику (ВТ), как для поставки (экспорта) в другие республики СССР с целью применения в гражданских отраслях экономики этих республик, так и для оборонно-промышленного комплекса бывшего СССР и экспорта в дружественные страны социалистического лагеря.

Для производства высокотехнологической промышленной продукции, которую сегодня обычно называют Hightech необходимо иметь научно-исследовательские разработки и уникальные технологии. Отметим, что в свое время, в республике были разработаны и освоены инновационные для своего времени

технологии, которые применялись при производстве высокотехнологичных изделий. При сохранении достигнутого уровня производственного потенциала эти технологии остались бы и сегодня востребованными национальной экономикой. Известно, для того чтобы успешно строить настоящее и двигаться в будущее, необходимо знать и опираться на прочное основание, в том числе и знаний, и умения, накопленные в предыдущие времена.

Применение и освоение накопленного опыта является очень важным моментом в становлении любой системы производства, а также в применении знаний. Сегодня, эту ситуацию мы можем охарактеризовать как солидарность, т.е. взаимная поддержка развития, которая имеет основной целью обеспечение возможности получения синергетического эффекта. Можем отметить, что, не применяя для обоснования принимаемых решений и действий определения «синергетика», эта концепция была реализована реально в процессе развития вычислительной техники в Республики Молдова. Если коротко, то перечень предпринятых мер для ускорения становления отрасли ВТ в Молдове включал: открытие и развитие Кишиневского Политехнического института (сегодня Технического Университета Молдовы) и профильных кафедр, техникумов и профессиональных технических училищ в различных городах республики, открытие специализированных математических классов и школ, успешное участие в всесоюзных олимпиадах школьников из Молдовы и последующие их, а также других представителей нашего региона в ведущих высших учебных заведениях СССР, создание базы для производственной практики в области ВТ в Молдове, также подготовка специалистов высшей квалификации через систему целевой аспирантуры позволили решить и проблему обеспечения кадрами и проблему создания потенциала развития в данной отрасли в республике. Очень существенным моментом для потенциала развития и роста была высокая потребность в выпускаемой продукции, что бы мы сегодня назвали существованием рынка сбыта и обеспечение высокой конкурентоспособности этой продукции на рынке.

### **Основные этапы развития вычислительной техники в Молдове**

Группа специалистов и учённых из Молдовы сформулировала предложение и обосновала возможность развития вычислительной техники в республике, которые материализовались к 1963 году в решении руководящих органов республики о начале строительства завода такого профиля.

Для организации производства ВТ в Кишиневе были выделены мастерские и по улице Хаждеу в г. Кишинёве, в которых были оборудованы инструментальный и механические цеха. Это предприятие известно как Кишинёвский завод «Луч». На этих площадях началась сборка отдельных функциональных блоков счётно-решающих приборов, а также и счётно-решающих устройств, поставляемых сборочным предприятиям. В дальнейшем, всё это дало возможность приступить к производству и самой вычислительной машины. Накопленный опыт позволил приступить к производству аналоговой вычислительной машины МН-14 (М – машина, Н – непрерывного действия), которая в последствии неоднократно модернизировались под различными видами применения в отраслях экономики. Выпускаемые вычислительные машины МН-14 и МН-17М предназначались для решения систем линейных и нелинейных дифференциальных уравнений до 50-го порядка с постоянными и переменными коэффициентами.

Вычислительная машина МН-17М была применена при решении задач в ЦУПе (центр управления полетами космическими аппаратами), а также в институте медико-биологических проблем при тренировке и подготовке космонавтов. Для дальнейшего развития необходимо было организовать специальное конструкторско-технологического бюро – СКТБ, поскольку к этому моменту уже существовали все необходимые структуры для выполнения НИОКР (схемотехники, конструкторы, технологи, математики, электронщики и др.). Задача СКТБ состояла в сопровождении производства и, совместно с центральными научно-исследовательскими институтами страны, разработке новых схемно-технических, конструкторских и технологических изделий вычислительной техники 3-го поколения.

К следующему этапу развития следует отнести строительство первой очереди завода по ул. Тимошенко (сегодня ул. Зелинского), что включало цеха: механический, инструментальный, гальванический, печатных плат, термический, участок метизов (автоматы), а также цеха штамповочного, пластмассового слесарно-сборочного и других вспомогательных участков (электрики, сантехники и т.п.).

На новых производственных площадях начал серийно выпускаться АВМ АВК – 31 (аналого-вычислительный комплекс третьего поколения), который применялся и Республике при решении некоторых задач, описываемых интегральными и дифференциальными уравнениями, для исследования различных процессов в управляемых линиях электропередач с автокомпенсацией (акад. В. М. Постолатий), систем управления технологическими процессами в энергетике и других отраслях (А.А. Журавлев) в Институте Энергетики АНМ.

Аналого-вычислительная машина АВК-32 была предназначена для применения в системах автоматического регулирования сложных динамических систем и решения задач, описываемых обыкновенными линейными и нелинейными дифференциальными уравнениями до 20-го порядка. В машине обеспечивается многопрограммное управление интеграторами от службы времени аналогового процессора и от ЦВМ, а также контроль блоков с помощью ЦВМ.

Аналого-вычислительная машина АВК-33 предназначалась для математического регулирования сложных динамических систем и решения задач, описываемых обыкновенными линейными и нелинейными дифференциальными уравнениями до 60-го порядка, или задач сводимых к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Машина обеспечивает выполнение одновременно до 366 линейных и нелинейных операции с повышенной точностью на шкале  $\pm 10V$ , до 438 логических и специальных операции и установку до 450 постоянных коэффициентов.

АВК-33 имеет развитую систему управления, позволяющую работать как в составе аналого-цифровых машин, без дополнительных устройств преобразования и связи, так и автономно. Система управления машины обеспечивает приём из цифрового

процессора адресной, управляющей и числовой информации, необходимой для начальной загрузки программы в аналоговый процессор, передачу в ЦВМ числовой информации, наличия требования на обслуживание и вывод информации о состоянии аналогового процессора. В машине обеспечивается многопрограммное управление интегралами от службы времени аналогового процессора и от ЦВМ, контроль функциональных блоков с помощью ЦВМ. Машина стала базовой для комплектации многих систем в атомной энергетике, нефтяной и газовой промышленности, даже в геодезических и фотограмметрических исследованиях при проведении аэрофотосъемок.

Аналого-цифровой вычислительный комплекс АЦВК-3 предназначен для математического моделирования в реальном масштабе времени сложных динамических систем, процессов, которые описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, а также для решения оптимизационных задач, при статистических исследованиях и задач исследования операций. В состав комплекса входят: аналоговый процессор АВК-32, цифровой процессор (зависит от типа решаемой задачи), устройство преобразования и сопряжения УПС, сервисная аппаратура, комплекс программного обеспечения.

Гибридные вычислительные системы стали применяться для решения следующего класса задач:

- моделирование систем управления сложными биологическими комплексами с подключением операторов и частичной заменой элементов реальной аппаратуры;
- моделирование и отладка дискретных систем управления сложными непрерывными объектами в реальном масштабе времени (химическая промышленность, нефте-газо-перерабатывающая промышленность);
- исследования и работы в атомной энергетике;
- исследования в гидрометеорологии;
- разведка и поиск газовых и нефтяных месторождений;
- исследования в космической геодезии, аэрофотосъемка фотограмметрия через искусственные спутники земли и

другими сложными летательными комплексами;

- моделирование задач гравиметрии;
- создание тренажеров, имитаторов и различных подвижных комплексов;
- медико-биологические исследования.

### **Аналоговые и аналого-цифровые вычислительные структуры**

СКТБ, совместно с НИИ-СЧЁТМАШ была выполнена работа по повышению производительности аналого-цифровых вычислительных систем, в которых аналоговые части представлены набором операционных блоков, реализующих математические операции. Такая машина после образования обратных связей является, согласно Ф.Г. Энслоу, системой конвейерной обработки информации.

За счет введения в систему специализированных цифровых вычислительных средств и средств аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования, сочетающих в себе параллельную обработку информации с конвейеризацией, удалось создать принципиально новый тип вычислительных структур. Была построена структура многопроцессорной вычислительной системы, которая, согласно классификации Флина, носит отличительные черты MIMD-структуры (множественный поток и множественный поток данных), причём на уровне входящих в состав системы аналого-цифровых процессоров осуществляется конвейеризация обработки. Эта называется многопроцессорная гибридная система. Как известно, фон Нейман предложил два класса вычислительных средств, различающихся универсальными алгоритмами.

Поскольку, аналоговые вычислительные элементы алгоритмически менее совершенны, чем элементы дискретных параллельных вычислительных систем, были разработаны не универсальные, а специализированные вычислительные устройства, в частности, специализированные процессоры параллельных вычислений на основе пассивных электрически связанных элементов. Эти специализированные процессоры параллельных вычислений разрабатывались для решения цифровыми методами круга исследовательских задач,

описываемых с помощью дифференциальных уравнений в частных производных. В сочетании с универсальной ЭВМ, специализированные процессоры реализуют интеграционные методы решения разностных уравнений. Была создана такая вычислительная среда на основе сеточного аналогового блока, реализующего метод прямой аналогии. При решении краевых задач исследуемая область заменяется изоморфной вычислительной средой – сеточной областью.

Сеточная область исключительно хорошо приспособлена для моделирования на аналоговом процессоре с естественным параллелизмом. Архитектуру представляемого специализированного процессора можно рассматривать как распределённую модульно-наращиваемую и реконфигурируемую структуру, что позволяет простыми средствами обеспечить максимальное приближение формы среды аналогового процессора к форме области решаемой задачи. При вычислении используется асинхронный интеграционный алгоритм, реализующий метод квазианalogии, в частности метод корректирующих токов. Реализация этого метода носит параллельно-последовательный характер, по классификации Флина, матрица узловых процессоров является системой с SIMD-структурой (один поток команд и множественный поток данных), а состоящий из локальных цифровых процессоров и секции сеточного мультипроцессора – специализированный процессор в целом имеет MIMD-структуру (множественный поток команд и множественный поток данных). Связь между структурными элементами спецпроцессора осуществляется через иерархическую систему магистралей. Локальная магистраль связывает локальные процессоры с оперативной памятью, в которой хранятся данные.

### **Второй этап развития отрасли ВТ**

К началу 1980-х годов началось строительство и развитие 2-ой очереди завода и научно-технических подразделений. На СЧЕТМАШе был построен корпус № 4, в котором разместились сборочные цеха по производству, как гибридной вычислительной техники, так и бортовых цифровых вычислительных машин. Было предложено также создать 4 филиала (франчезейры) в следующих городах:

Котовск (ныне Хынчешть), Бричанах, Рышканах и Дубассарь.

Такой опыт известен за границей (особенно в США). Это не что иное, как система льготного предпринимательства. Именно она могла в будущем повести их в рынок (имеется в виду при создании основ рыночной экономики). Этот механизм используется в более чем 100 стран мира. В общем виде это является системой договорных отношений по кооперации хозяйственной деятельности крупных и мелких фирм (предприятий) в области распределения продукции и услуг. Предприятия, имеющие, как правило, прочные позиции и известность на рынке (следовательно, и экономики, каким был в то время завод СЧЁТМАШ) выступает в качестве франчайзера, представляя по контракту предприятию оператору возможность использования know-how, обеспечивает обучение персонала. При этом оператор ведёт дело под общей торговой маркой и по технологии, владельцем которых является франчайзер. Разумеется, оператор должен инвестировать существенную долю капитала своего предприятия в общее дело. Это, конечно, нельзя рассматривать как рыночную экономику, но подход близок к сути, что может быть обозначено как элементы рыночной экономики. На этой принципиальной основе было организовано и начато производство в этих четырёх филиалах продукции электронно-вычислительной техники.

После реализации этого этапа, завод должен был выпускать не только гибридные вычислительные систем, но также производить и бортовые управляющие цифровые вычислительные машин для различных боевых систем.

В филиале г. Котовск (Хынчешть) работало 2500 человек. Это предприятие выпускало ферритовую память для больших цифровых вычислительных комплексов. Филиал в п.г.т. (ныне город) Бричаны был ориентирован на выпуск всех пластмассовых изделий для головного завода, а филиалы в г.Дубоссары и г.Рышканы были ориентированы на сборку отдельных блоков и устройств к вычислительным машинам, выпускаемым головным предприятием. В этих филиалах была построена соответствующая инфраструктура, различные по назначению производственные корпуса, а

также не осталось без внимания развитие социальной инфраструктуры.

#### **Научно-исследовательский центр электронно-вычислительной техники**

В Кишинёве было создано научное подразделение – Кишинёвский научно-исследовательский центр электронно-вычислительной техники (как филиал союзного НИЦЭВТ). К 1983 году численность этого подразделения составила 1200 человек, а в п.г.т. Криуляны был создан и оборудован опытно-экспериментальный цех в прямом подчинении института. Создание Кишиневского филиала НИЦЭВТ, а также необходимость решать новые задачи, обусловил переход на новый уровень сотрудничества с научно-исследовательскими организациями в Молдове при выполнении НИР и ОКР.

Для решения поставленной задачи необходимо было: создать аппаратуру для контроля производства гибридных вычислительных машин при модернизации и разработке бортовых вычислительных машин комплекса «А»; разработать сервисный процессор и системы автоматического контроля и поверки спецаппаратуры на его основе; разработать КПА и КРА для изделий комплекса «А»; разработать подсистемы математического обеспечения для изделий комплекса «А»Б; освоить передовой зарубежный опыт и научные достижения в области как аналоговой, так и гибридной вычислительной техники, в том числе через участие в работе международных научных форумов.

Было налажено оперативное и долговременное сотрудничество с научными центрами: Высшей артиллерийской и ракетной Академией Санкт-Петербурга; Институтом им. Баумана; Таганрогским радиотехническим институтом им.В.Д. Калмыкова; Ленинградским институтом авиационного приборостроения; Научно-производственным объединением «Фазотрон»; Институтом физики полупроводников Сибирского Отделения Академии Наук СССР; Государственным комитетом по вычислительной технике и информатике СССР; Институтом электросварки им. Е. О. Патона и Институтом проблем регистрации информации; Львовским политехническим институтом; Институтом кибернетики им. Глушкова АН

Украины; Институтом проблем моделирования в энергетике АН Украины; Харьковским политехническим институтом; (Украина);

НИЦЭВТ сотрудничал в этой области научными организациями Республики Молдова: Академией наук Молдавской ССР и Кишиневским политехническим институтом (подготовка кадров); Институтами АНМ: Институтом Инженерной электроники и Нанотехнологии им. Д.В. Гицу (работы по микроэлектронике); Институтом математики (математическое обеспечение для контроля, управления и диагностики управляющей специализированной ЭВМ в реальном времени и отладка её программного обеспечения, алгоритмы и модели для операционной системы реального времени); Институтом энергетике АНМ (применение аналоговой и аналогово-цифровой вычислительной техники в решении различных задач в энергетике; разработана персональная аналогово-цифровая вычислительная система ПАЦВС, Микро-ЭВМ для многовариантного анализа, синтеза и отладки непрерывно-дискретных систем управления – АЦВС «Кентавр»).

#### **НИР и ОКР цифровых вычислительных устройств и подготовка новых технологий**

При создании гибридных вычислительных систем (машин) возникла необходимость в разработке специализированной вычислительной машины (цифровой). Целью НИОКР было создание и ввод в производство ЦВС с развитой структурой и широкими логическими возможностями на базе серийной, выпускаемой заводом, АВМ и быстродействующей микро (мини) СЦВМ третьего поколения, позволяющей с высокой точностью и надёжностью решать широкий класс задач 30-го порядка в реальном и ускоренном масштабе времени. Этот комплекс предназначался:

- для математического моделирования в реальном масштабе времени и отладке цифровых систем, используемых в сложных объектах при непрерывных процессах;
- для моделирования систем управления сложными летательными комплексами с подключением

операторов и частичной заменой реальной аппаратуры;

- для создания тренажёров, имитаторов и бортовых вычислительных комплексов.

В результате исследований была предложена гибридная вычислительная система специального назначения с двумя уровнями иерархии управления на базе аналогового процессора АВК-31 и АВК-32 и цифровых вычислительных машин: А5, А15А и А15х, а также 5728 А.

Для решения управления наземными, возимыми (транспортируемыми), подводными, воздушными, космическими объектами в НИЦЭВТе (Кишинёв) была разработана базовая цифровая вычислительная машина БЦВМ – А15К на новой элементной и конструктивно-технологической базе [50], производство которой было освоено на заводе «СЧЕТМАШ».

Одним из условий при разработке этой машины, служащей базовым элементом как для ГВС специального назначения, так и для выполнения специальных задач оборонного значения, было:

- сохранение полной преемственности математического обеспечения и взаимозаменяемость по электрическим параметрам с выпускаемым заводом, ранее и продолжительное время, СЦВМ Аргон – А15 и А15А;
- уменьшение весогабаритных характеристик и увеличение быстродействия;
- сокращение технологического цикла изготовления изделия и значительное уменьшение трудоёмкости в связи с большим спросом и необходимостью серийного производства таких машин.

Заводом была разработана и выпускалась вся номенклатура сервисного оборудования для изделий типа А - бортовая вычислительная машина:

- разработка сервисного процессора и система автоматизированного контроля и проверки специальной аппаратуры на его основе;
- разработка КПА и КРА для всех изделий, выпускаемых заводом: А15, А15А, А15К, 5328А;
- разработка подсистем математического обеспечения для изделий комплекса «А».

Одним из основных требований при разработке бортовой вычислительной машины было требование по надежности и условиям применения, выпускаемой в стране, элементной базы. Повышение надёжности изделия может быть пояснено следующими соображениями: из назначения А15К следует, что оно выполняет задачу в течение относительно ограниченного интервала времени (минуты, часы) и, следовательно, к данному изделию применимы методы надёжности, действующие также в относительно ограниченные интервалы времени. В этом случае, часть так называемых постепенных отказов элементов, вызванных старением элементов, изменением климатических условий и т.д., может устраняться подбором напряжения питания. Изделия типа А15К вот уже более 30 лет применяются в десятках наземных и летательных систем.

#### **Проблема обеспечения надежности**

Проблема имеет комплексный характер и должна быть в центре внимания на всех этапах: от разработки производства до эксплуатации. Для решения этой задачи необходимо уделить огромное внимание разработке и производству систем контроля и диагностики уже на этапе разработки технического задания изделия, проектирования, а также использования этих методов и средств на этапе производства. Эти системы являются очень важными и необходимыми при проведении наладочных и регулировочных работ, которые сильно влияют на длительность технологического цикла изготовления, а также на надёжность и качество выпускаемой продукции. При выполнении этих операций персоналом их стоимость составляет около 40% стоимости самого вычислительного оборудования, т.е. проблема обеспечения надежности имеет выраженную экономическую составляющую уже на этапе производства и влияет на объемы производства.

Для организации контроля в процессе производства и проектирования необходимо иметь специальные средства. Задача состояла в составлении работающей математической и физической модели. Её решение потребовало создания соответствующих аппаратных и программных средств, позволяющих физически сопрягать цифровую часть ГВС с ЭВМ и организовать параллельную работу

моделей – математической и физической с сопоставлением результатов их работы на различных уровнях. Эти средства получили наименование «многоступенчатой системы автоматизированного контроля и диагностики».

Программное обеспечение АСК состоит из стандартного программного обеспечения и системного программного обеспечения, включающего в своём составе управляющую программу, программу самоконтроля (обеспечивающую техническое обслуживание), а также совокупность программ синтеза контролирующих и диагностических последовательностей, формирования моделей исправных и неисправных устройств, а также некоторые служебные программы, как например, программа дополнения библиотеки элементных баз и др.

#### **Базовые технологии для обеспечения надёжности компьютеров**

Технологический процесс в общем виде можно рассматривать как общественную категорию, который находит наиболее частое приложение в производстве, включающем 4 элемента: люди, оборудование, энергия и материалы (вместе), информатизация. Информатизация, будучи материальным явлением, тем не менее, не является ни материей, ни энергией. В этом и состоят основные отличия новых технологий от известных. В новых технологиях мы должны предоставить человеку такой же аналог в сфере умственной деятельности, как станки, машины в сфере физической деятельности, т.е. усилитель интеллекта для обработки информации и воздействия над усилителями физической силы.

При разработке какого-то изделия учёные, конструкторы, схемотехники формулируют идею, рисуют, определяют теоретические характеристики нового изделия (продукта). Когда этап НИР уже выполнен и получены соответствующие и интересные результаты, разработчики обычно говорят «остальное пусть технологи думают и делают». На практике было доказано, что этот путь оказывается не то что неправильным, но обычно «неэффективным». Эта методика (старая) в дальнейшем ведёт к дополнительным разработкам, а иногда на 90% к изменению первоначальной конструкции и схемы изделия.

Плохим методом является и слепое копирование зарубежной техники. Это было хорошо видно даже при производстве вычислительной техники, что и случилось при организации выпуска машины ЕС ЭВМ (все линейка ряда), которые по всем техническим характеристикам были хуже зарубежных, в том числе и по весогабаритным критериям. Это подтверждает гипотезу, что слепое копирование изделия без технологии его изготовления приводит к неэффективному результату. О значимости технологии можно судить и по существующей практике взаимоотношений поставщика и потребителя новой технике. Даже при заключении обоюднo заинтересованных договоров с различными инвесторами, ни одна из зарубежных фирм не даст включить и не включит в договор технологический процесс. Они предоставят всё покупателю: и опытный образец, и схемотехнику, и конструкторскую документацию, а вот технологию нет – это секрет.

Поэтому в науке и при выполнении научно-исследовательских разработок нужен симбиоз, объединение всего, что участвует в длинной цепочке – идея – наука – разработка – технология – производство. Причём это должно быть не в конце цикла (если мы имеем в виду технологию), а в начале всей цепочки. Не зря говорят, что человек сам «придумывает» задачу, хотя, если внимательно вдуматься, т.е. проанализировать этот процесс, то «придумывание» задачи сводится, в основном, к уточнению её формулировки. Выражение «сформулировать задачу» - это значит наполовину её решить - стало крылатым в науке. «Формулирование задачи есть действительно процесс её решения».

Опыт разработки и освоения бортовой вычислительной машины А15К еще раз подтвердил знакомую, в принципе, всем истину о комплексном подходе к решению сложной задачи.

При создании изделия А15К, его конструкторско-технологическому проекту Министерством был назначен главный конструктор. Главный конструктор отвечал за все виды работ: от разработки и до выпуска изделия на заводе. Это относилось не только до выпуска опытного образца, но и на период серийного производства. Объединение всех видов работ в единую цепочку давало

возможность оперативно и качественно решать все вопросы, возникающие как в самом НИЦВТ, так и на заводе. Так как производство по характеру организации и деятельности является структурой консервативной, при объединении научно-технологические решения в одном лице позволило, в итоге, в срок и качественно решить поставленные задачи по выпуску специзделий. При этом особенное внимание было уделено операциям в технологическом процессе.

В настоящее время в мире настолько развита как разработка, так и производство микроэлектроники, что заниматься этой отраслью самостоятельно представляется не экономно, лучше покупать всю необходимую гамму интегральных схем (БИСов и СИСов). А вот проводить монтаж этой микроэлектроники – это уже становится большой проблемой для каждого производителя в отдельности. Поскольку это является печатным монтажом, то именно технология сильно влияет на надёжность всего производства ВТ. Это имеет значение не только для больших вычислительных комплексов, но и для миниатюрных компьютеров (ПЭВМ, калькуляторов и др.).

При изготовлении бортовой вычислительной машины А-15, А-15А и особенно А15К с целью уменьшения весогабаритных характеристик были применены многослойные печатные платы. В дальнейшем эта технология была заменена на другую, для улучшения надёжности вычислительного устройства.

В современных вычислительных системах и комплексах при уровне надёжности микросхем  $\lambda = 10^{-7} - 10^{-8}$  1/час, надёжность изделия в значительной мере определяется такими конструктивными и технологическими факторами, как технологией проводного и печатного монтажа, конструкцией и технологией изготовления печатных плат и разъёмных соединений, полнотой контроля и глубиной локализации дефекта. Важнейшим узлом в вычислительной технике, сильно влияющим на надёжность всего комплекса, является печатная плата со смонтированными элементами. Технология RCBS-Relief Circuit Boards оказалась наиболее подходящей для решения поставленной задачи. Представляя из себя, по сути, двустороннюю плату, по коммутационной способности она сравнима с

6-8-ми слойной платой (МПП) за счёт уменьшения шага до 0,625 мм, ширины проводников до 0,2-03 мм, и отказа от контактных площадок на монтажных и переходных отверстиях.

Предложенная технология RCBS является экологически чистым процессом. Никаких растворов травления меди, а в некоторых процессах и растворов металлизации, не требуется. Возможность применения лазерных технологий для обработки поверхности и отверстий практически снижает ограничения, предъявляемые к материалу диэлектрического основания.

Технология RCBS была разработана и освоена в производстве Научно-исследовательским центром электронно-вычислительной техники – НИЦЭВТ (Молдова, г. Кишинёв) и внедрена на заводе «СЧЁТМАШ» (г. Кишинёв). Технология RCBS была использована в различных специализированных системах, в том числе в самолёте Миг-29 и космической станции «Мир». Чрезвычайно привлекательным и перспективным для дальнейшей реализации и повышения надёжности RCBS является применение металлизации поверхности из паровой фазы некоторых металлоорганических соединений. Такие технологии сейчас известны как CVD методы. Эту область химии и технологии разрабатывает Институт неорганической химии (Новосибирск, проф. Игумнов) и Тулузский Университет (Франция), профессор Глезис.

### Выводы

1. Многие задачи рутинного характера, такие как статистические данные, бухгалтерский учёт, образование, анализ и сопоставление различных данных при проектировании различных объектов для определения их эффективности, можно и нужно решать при помощи существующих и доступных средств. Для решения достаточно обширного круга задач нужны различные, сложные и большие сети, которые могут дать

### Сведения об авторе:



Академик АН Молдовы, доктор технических наук.  
Область научных интересов: моделирование систем управления, вычислительная техника.  
E-mail: [ieasm@ie.asm.md](mailto:ieasm@ie.asm.md)

более объёмную и достоверную информацию для решения еще более сложных задач.

2. Без привлечения специализированных вычислительных систем нельзя запустить ни ракету, ни спутник в космос, не говоря о сложных проектах полёта человека на другие планеты. Нельзя также решать многие фундаментальные задачи физики, термодинамики, метеорологии и другие сложные задачи. Даже в экономике нельзя решать задачи, которые требуют прогноза на большую перспективу.

3. Рассмотрение развития вычислительной техники в Республики Молдова в качестве отрасли экономики приводит к выводу, что технологическое обеспечение является наиважнейшим из факторов, для устойчивого развития, как самой отрасли, так и продвижения своей продукции на рынке. Важнейшим условием при этом является синхронность и согласованность процессов разработки, как самого изделия, так и технологии изготовления. Отход от такого принципа приводит к дополнительным затратам и потере времени, а следовательно снижению уровня конкурентоспособности продукции на рынке.

4. Распространение вывода о координации, об одновременности разработки изделий и технологий на другие отрасли может означать только то, что только развитие собственных технологий может обеспечить устойчивость и конкурентоспособность экономики в рыночных условиях.

### Литература (References)

1. Seyfanf G. New economics of sustainable consumption : seeds of change [Monograph]. 2007.
- 2 . Groover M.P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Prentice Hall Press Upper Saddle River, NJ, USA, 2007.
3. Bresnahan F.T., Trajtenberg M. General purpose technologies. 'Engines of Growth'? Journal Econometrics. Volume 65, Issue 1, January 1995, Pages 83–108.