

# **Краткие основы и история создания отечественных модулярных ЭВМ**

**Малашевич Б.М.**

- В 1972-1975 гг. – участник разработки модулярных ЭВМ: 5Э53, ЭВМ-IV, 41-50.
- В 2005 г. – организатор и автор-составитель трудов международной юбилейной научно-технической конференции "50 лет модулярной арифметики", Зеленоград.

# Истоки модулярной арифметики (МА)

**МА построена на основе непозиционной системы счисления –  
Системы остаточных классов (СОК),  
реализует распараллеливание выполнения вычислений на уровне операндов.**

**Предложена в 1955 г. чешскими учёными Милом Валахом и Антонином Свободой.**

**Они же в 1960-1962 гг.  
разработали и изготовили 2 образца первой в мире модулярную ЭВМ (ламповой)  
"ЭПОС"**

**В 1960-1965 г. была разработана транзисторная версия ЭВМ – "ЭПОС-2",  
серийно выпускалась до 1973 г, было выпущено 30 комплектов ЭВМ.**



# СОК

В СОК каждое число, многоразрядное в позиционной системе счисления, представляется в виде нескольких малоразрядных позиционных чисел, являющихся остатками от деления числа на попарно взаимно простые основания.

45-разрядная ЭВМ К340А – 10 оснований и занимаемые ими разряды слова:

Основания									
2	5	23	63	17	19	29	13	31	61
Разряды машинного слова									
1	2 - 4	5 - 9	10 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 34	35 - 39	40 - 45
Разрядность остатков по основаниям									
1	3	5	6	5	5	5	4	5	6

В МА обработка остатков по каждому основанию **производится одновременно и независимо.**

В результате производительность 45-разрядной ЭВМ К340А только за счёт СОК в 7,5 раз выше позиционной ЭВМ ( $45 / 6 = 7,5$ )

Возможность реализации табличной арифметики – результат операции не вычисляется каждый раз, а, извлекается из ПЗУ.

Операнды табличной арифметики – числа и полиномы.

Контроль и исправление ошибок в АУ в процессе выполнения операций.

## **Основоположниками МА в СССР**

**Первым в СССР в конце 1950-тых годов на систему счисления остаточных классов обратил внимание главный инженер КБ-1 Фёдор Викторович Лукин.**

**Он передал информацию в СКБ-245 (НИЭМ), где она заинтересовала Д.И. Юдицкого и И.Я. Акушского, начавших теоретические проработки.**



**В 1960 г. Ф.В. Лукин – основатель и директор НИИ-37 ГКРЭ (НИИДАР), пригласил Д.И. Юдицкого и И.Я. Акушского для разработки ЭВМ для РЛС ДО ПРО.**

**В 1960-1963 гг. отдел Д.И. Юдицкого разработал первую в стране модулярную ЭВМ "Т340А", которая затем под названием К340А выпускалась серийно.**

**МА для К340А и А340А была разработана И.Я. Акушским, Д.И. Юдицким и Е.С. Андриановым.**

# Основные характеристики КЗ40А

Операции с фиксированной запятой.

Диапазон представления чисел  $\pm 1,6 \times 10^{12}$ .

Система команд содержит полный набор арифметических, логических и управляющих операций с развитой системой индикации.

В одной команде 2 операции.

Максимальное быстродействие – 1,2 млн. ком/с (2,4 млн. оп/с).

Обнаружение ошибки при выполнении операций в арифметическом устройстве.

Развитая система обмена с управляемым объектом.

Многоуровневая система прерываний.

Аппаратный и программный контроль.

Среднее время безотказной работы – 50 час.

Среднее время восстановления неисправности – 30 мин.

Стоимость серийной ЭВМ – 0,6 млн. руб.

Стоимость единицы производительности – 24 коп/оп в сек.

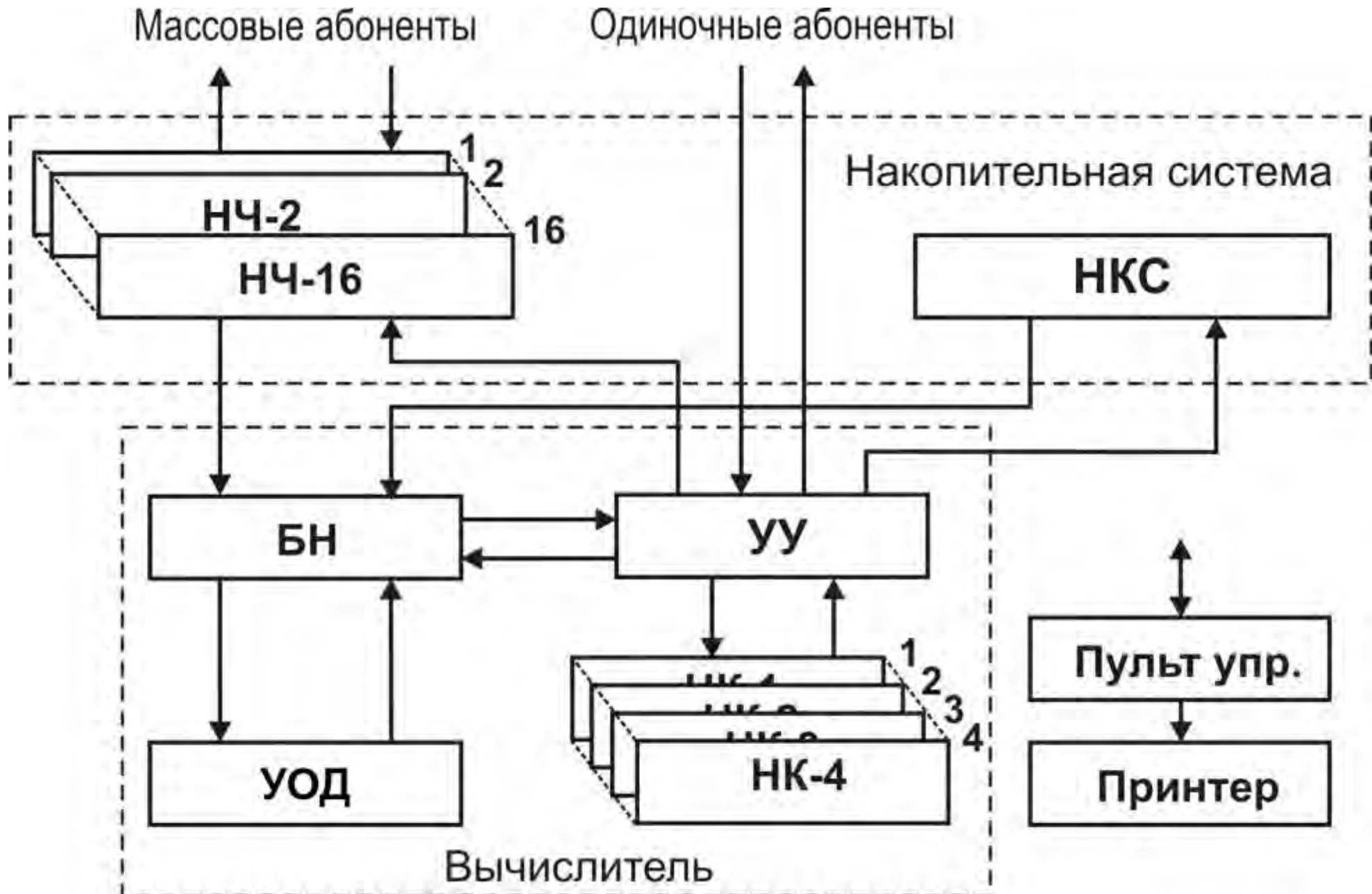
Элементная база – транзисторы, диоды, ферриты и т.п.

Потребляемая мощность – 33 кВт.

Размер шкафа – 900×700×2200 мм.

Количество шкафов – 20, расположенных в 3 ряда.

# Структура К340А



# Конструкция К340А

ЭВМ была построена на основе феррит-транзисторной логики, реализованной на дискретных транзисторах 1Т308В и ферритовых сердечниках.



Конструкция К340А стала базовой для систем, разрабатываемых НИИ-37

# Применение КЗ40А

В РЛС ДО "Дунай-3У" ситем ПРО "А-35" и "А-35М",



В загоризонтных РЛС "Дуга-1" (Николаев), "Дуга-2" (Чернобыль) и, "Дуга-3" (Комсомольск-на-Амуре),



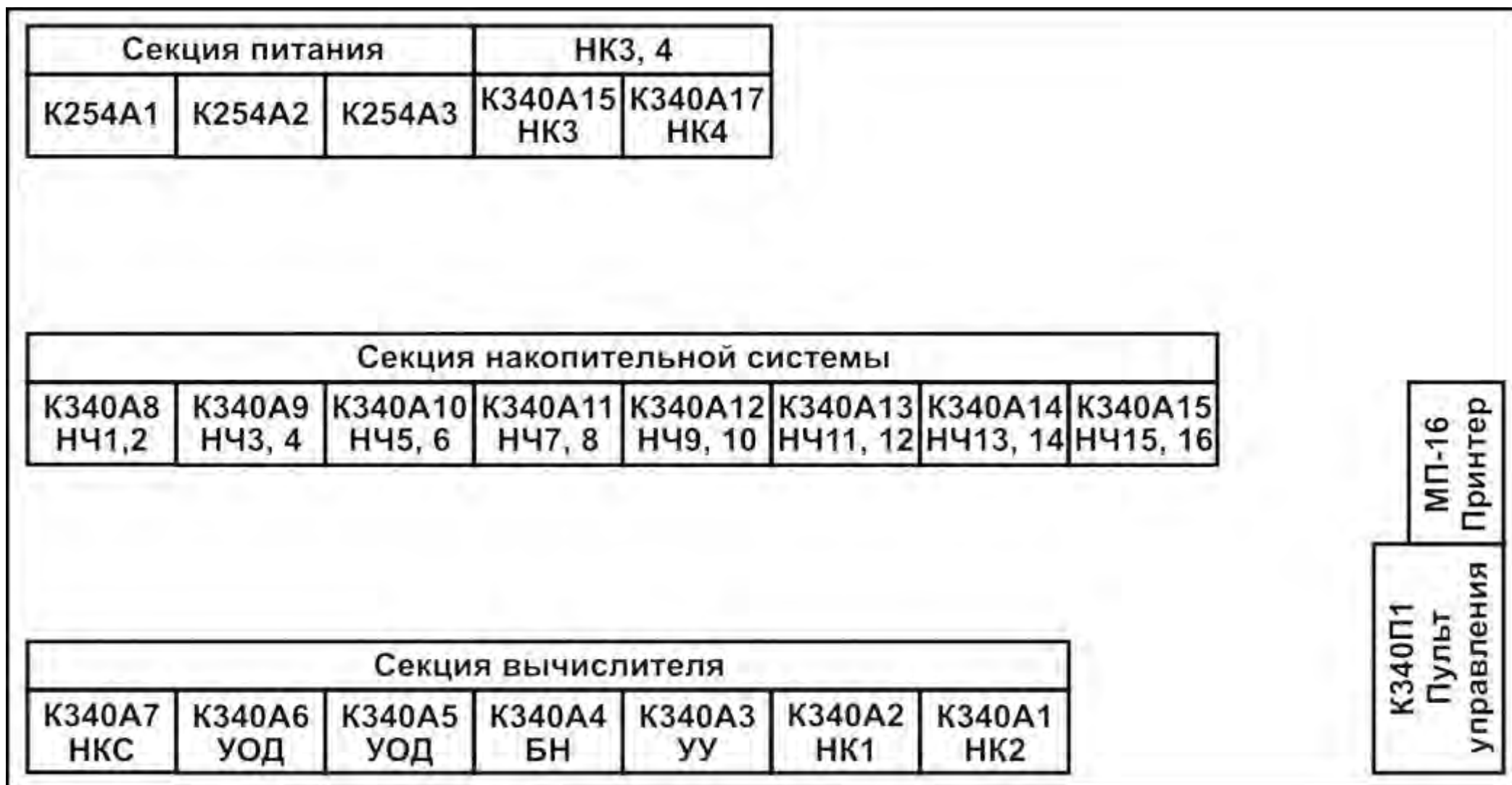


## КЗ40А в РЛС ДО Дунай-3У



25 ноября 2005 г.

## Общая компоновка ЭВМ "К340А"



20 типовых шкафов, размещённых в три ряда.

## Общий вид ЭВМ КЗ40А



**Модулярная ЭВМ К340А –  
самая высокопроизводительная в мире ЭВМ  
среди машин второго поколения (на дискретных транзисторах).**

Ни в каких доступных ныне источниках  
не удалось обнаружить информации об ЭВМ второго поколения  
с более высокой производительностью.

На сайте <http://www.computer-museum.ru/histussr/prioritet.htm>

размещён раздел:

**«Забывтые и утраченные отечественные приоритеты и рекорды».**

В нём 20 мая 2009 г. помещена информация:

*"Первый в мире компьютер миллионник*

Первый в мире компьютер, производительность которого превысила 1 млн. оп/с разработан в 1960-1963 гг. в московском НИИ-37 (позже НИИ ДАР). Это экспериментальный компьютер второго поколения (на дискретных транзисторах) Т340А с производительностью 2,4 млн. оп/с., (гл. конструктор Д.И. Юдицкий), ряд лет проработавший на полигоне ПРО. На его основе был разработан компьютер К340А, выпущенный промышленностью в количестве около 50 комплектов. Высокая производительность компьютеров была достигнута благодаря применению модулярной арифметики.

Т340А и К34А остались мировыми рекордсменами производительными среди компьютерами второго поколения.

Подробнее смотрите: [ЭВМ Т-340А и К-340А](#) "

**За истекшие 8 лет корректировок (а такой механизм есть) не последовало.**

# Модулярные супер-ЭВМ третьего поколения

8 августа 1962 Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР  
в будущем Зеленограде  
был создан "Центр микроэлектроники" (ЦМ, позже "Научный центр" – НЦ).

Его первым директором был назначен Ф.В. Лукин.

В создаваемый НИИ физических проблем (НИИФП)  
для разработок средств вычислительной техники  
Ф.В. Лукин пригласил  
группу известных ему специалистов из НИИ-37  
во главе с Д.И. Юдицким.

Д.И. Юдицкий – главный инженер и основатель НИИФП.  
И.Я. Акушский – начальник отдела перспективных ЭВМ.

Так была заложена основа для создания и развития в Зеленограде  
вычислительной, а затем и микропроцессорной техники.

## МКСК "Аргунь"

Когда система ПРО "А-35" московского промышленного района была разработана и частично изготовлена, в США появились ракеты с кассетными боеголовками, от которых "А-35" не защищала – МО СССР не предвидело появления кассетных боеголовок и не предусмотрело в ТЗ на А-35 защиту от них.

Генеральным конструктором ПРО Г.В. Кисунько предложена вторая очередь А-35 в составе трёх Многоканальных стрельбовых комплексов (МКСК). Начата разработка полигонного варианта МКСК "Аргунь", главным конструктором которого был назначен Н.К. Остапенко.

Для МКСК требовались очень высокие по тем временам вычислительные ресурсы.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 5 ноября 1965 года (о системе ПРО "Аврора" и МКСК "Аргунь")  
трём предприятиям:

- НЦ (МЭП, Ф. Лукин),
- ИТМ и ВТ (МРП, С. Лебедев,)
- ИНЭУМ (Минприбор, М. Карцев

было дано конкурсное задание на разработку эскизных проектов мощной ЭВМ со сроком окончания 30 марта 1967г.

# Модулярная ЭВМ "Алмаз"

В Зеленограде проект получил название "Алмаз".

## Кооперация предприятий НЦ:

- НИИ ФП – разработка архитектуры, процессора ЭВМ и ЭВМ в целом,
- НИИ ТМ – конструкции, системы питания и ввода/вывода информации,
  - НИИ ТТ – интегральные схемы (ИС).

Эскизный проект был разработан,  
изготовлен и испытан экспериментальный образец  
и точно в срок представлен Министерству обороны (МО).

Производительность ЭВМ была выше требуемой – 8 млн. алгоритмических оп/с.  
Оборудование в 11 шкафах занимало 100 кв.м. и стоило 2,6 млн. руб.

# Инженерный пульт управления ЭВМ "Алмаз"





## Доклад об ЭВМ "Алмаз"



**Д.И. Юдицкий на выставке в ЦМ докладывает  
Председателю Госплана СССР Н.К. Байбакову и его 1-му Заместителю В.М. Рябинову  
о разработке ЭВМ «Алмаз».**

**→: В.М. Рябиков, В.И. Трифонов, Г.Я. Гуськов, Н.К. Байбаков, В.В. Савин, Д.И. Юдицкий, А.И. Шокин.  
Сзади слева – шкаф ЭВМ «Алмаз»**

## Основные характеристики ЭВМ "Алмаз"

- Разрядность данных и команд – 45 бит.
  - Производительность – 8,0 млн. алг. оп/с (до 30 млн. кор. оп/с).
    - Система счисления остаточных классов (СОК).
  - Обнаружение двойных и исправление одиночных ошибок при выполнении операций в арифметическом устройстве.
    - Адресность – двухадресная.
  - Вычисления значения специальных функций в качестве элементарной команды.
    - Работа со словами переменной длины.
      - Режим с плавающим диапазоном.
    - Объем памяти – 128К 45-разрядных слов (5,898 Мбит)
      - Быстрая буферная память – 32 55-разрядных слов.
    - Вероятность безотказной работы в течение 15 мин – 0,999.
    - Коэффициент готовности в установившемся режиме – 0,999.
      - Размер шкафа – 550x800x1750 мм.
  - Объем оборудования – 11 шкафов, инженерный пульт, внешние устройства.
    - Занимаемая площадь – 80-100 м<sup>2</sup>.
    - Потребляемая мощность – 5 кВт.
- Расчетная стоимость серийного образца – 2,6 млн. руб.

## Конкурс выиграл проект "Алмаз"

Огромную роль в создании ЭВМ "Алмаз" сыграли:



→ Организаторы работ - директор Центра Микроэлектроники Ф.В. Лукин,  
его заместитель С.М. Бутузов  
и научные лидеры Д.И. Юдицкий, И.Я. Акушский и В.М. Амербаев.

# Модулярная ЭВМ "5Э53"

По результатам конкурса в мае 1968 года  
был заключён договор на разработку ЭВМ 5Э53 для МКСК "Аргунь".

Д.И. Юдицкий назначается:

- главным конструктором (ГК) ЭВМ "5Э53",
- зам. ГК МКСК "Аргунь" по вычислительной технике.

Разработчиков ЭВМ "Алмаз" объединили в новом предприятии –  
"Специализированном вычислительном центре" (СВЦ).

Директор СВЦ – Д. Юдицкий и его зам. по научной работе – И.Я. Акушский.

СВЦ получает корпуса "Ш" и "П" в Зеленограде.

Объявлен набор персонала в СВЦ  
с предоставлением специалистам лимита на прописку в Москве.

# Особенности ЭВМ "5Э53"

Для трёх МКСК второй очереди системы А-35 требовалась вычислительная мощность до 0,6 млрд. оп/с.

Её должны были обеспечивать 15 ЭВМ, каждая:  
с производительностью 10 млн. алгоритмических оп/с (40 млн. кор. оп/с),  
ОЗУ 10 Мбит, ППЗУ 2,9 Мбит, ВЗУ 3 Гбит,  
с аппаратурой передачи данных на сотни километров.

В 5Э53 был реализован целый букет новых технических решений, в т.ч.:

- Применение модулярной арифметики:

- повышенная производительность,
- простота аппаратной реализации процессора,
- высокая надёжность системы.

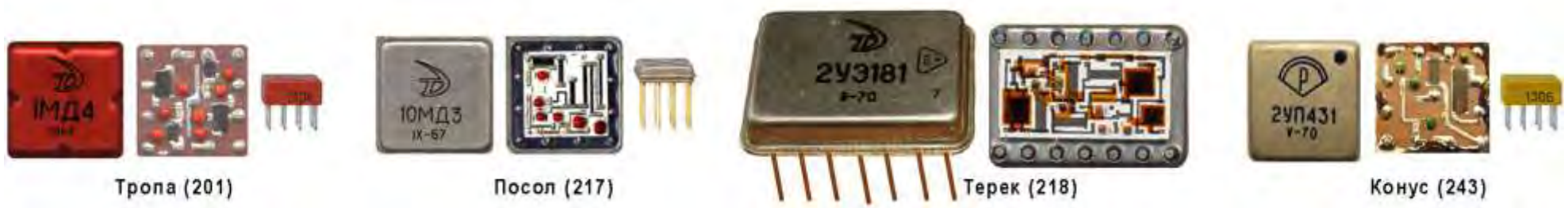
- Архитектурные особенности:

- арифметика – на модулярных процессорах,
- управление – на двоичных процессорах.
  - 8-уровневый конвейер.
  - блочная организация арифметики.
- Разделение памяти и шин команд и данных.
- 8-уровневое расслоение памяти с чередованием адресов ...

# Конструктивно-элементная база ЭВМ "5Э53"

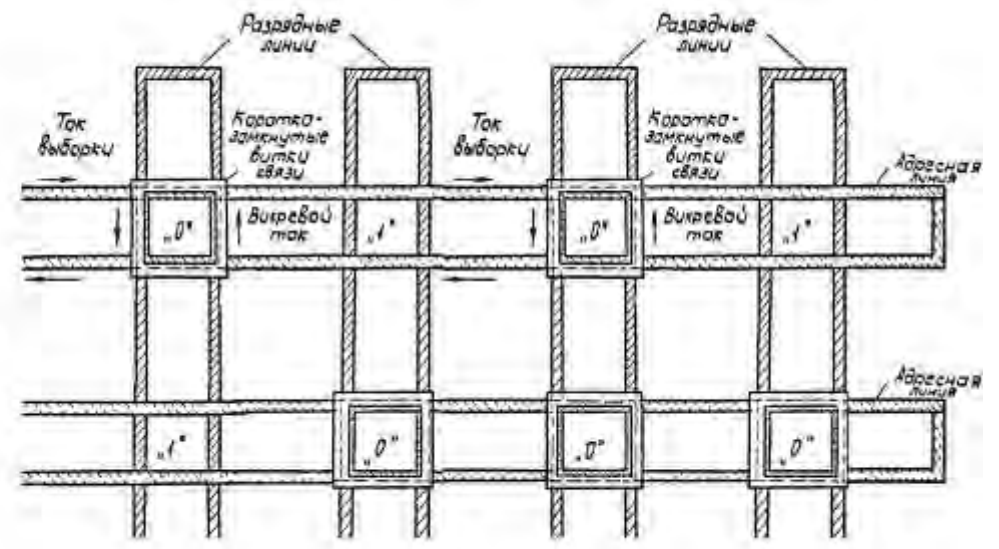
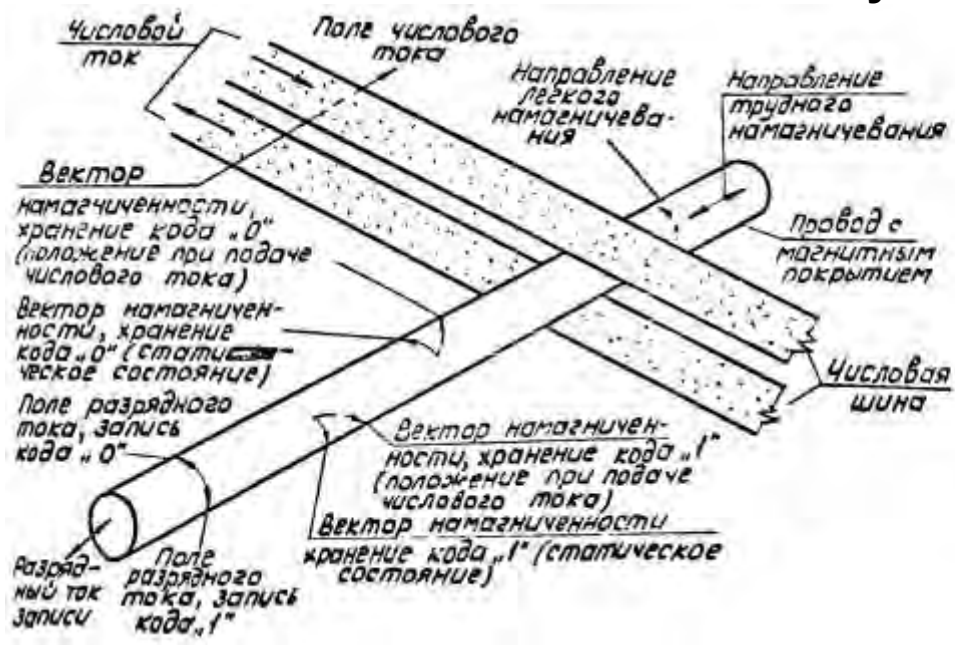
Элементная база – новейшие тогда микросхемы серий:  
"Тропа" (201), "Посол" (217), "Терек" (218)...

Когда потребовалась – была разработана быстродействующая серия "Конус" (243).



Разработаны (и работали) интегральные:

- ОЗУ на цилиндрических магнитных плёнках
- и ПЗУ на индукционных сменных картах



## Разработка ЭВМ "5Э53"

**В.М. Амербаев и его команда совершенствовали модулярные алгоритмы. М.Д. Корнев: «Ночью Вильжан Мавлютинович думает, утром результаты приносит схемотехникам, они просматривают аппаратную реализацию варианта, задают Амербаеву вопросы, он уходит думать опять и так до тех пор, пока его идеи не поддадутся хорошей аппаратной реализации».**

**Это характерный пример взаимодействия подразделений и специалистов СВЦ. Весь коллектив предприятия работал с необыкновенным подъёмом по 12 и более часов в день,**

**Широко применялось тогда ещё редкое машинное проектирование, как правило, собственной разработки.**

**Разработка 5Э53 была проведена в рекордно короткий срок – за полтора года.**

**В начале 1971 года она завершилась. 160 типов ячеек, 325 типов субблоков, 12 типов блоков питания, 7 типов шкафов, инженерный пульт управления, масса стендов.**

**Изготовлены и испытаны экспериментальный образец ЭВМ 5Э53, ячейки и блоки.**

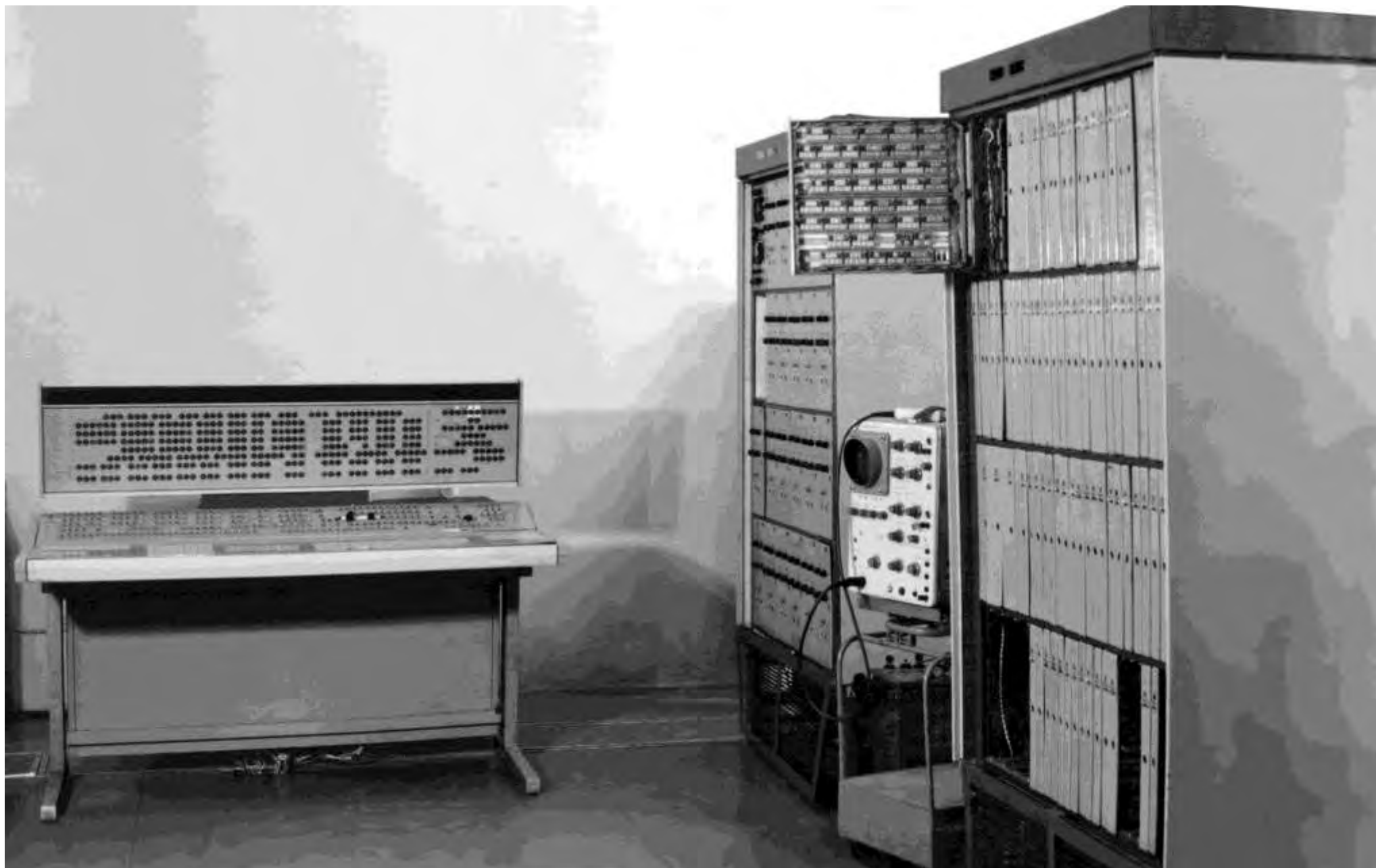
**27 февраля 1971 года восемь комплектов конструкторской документации (по 97 272 листа) были доставлены на ЗЭМЗ. Началась подготовка производства.**



**В.С. Кокорин, М.Д. Корнев, М.Н. Белова, Л.Г. Рыков, В.С. Хайков. 2004 г.  
Ведущие разработчики модулярных ЭВМ Т340А, К340А, Алмаз и 5Э53.  
22.09.2004 г. на встрече в Зеленограде, посвящённой 75-летию Д.И. Юдицкого.**



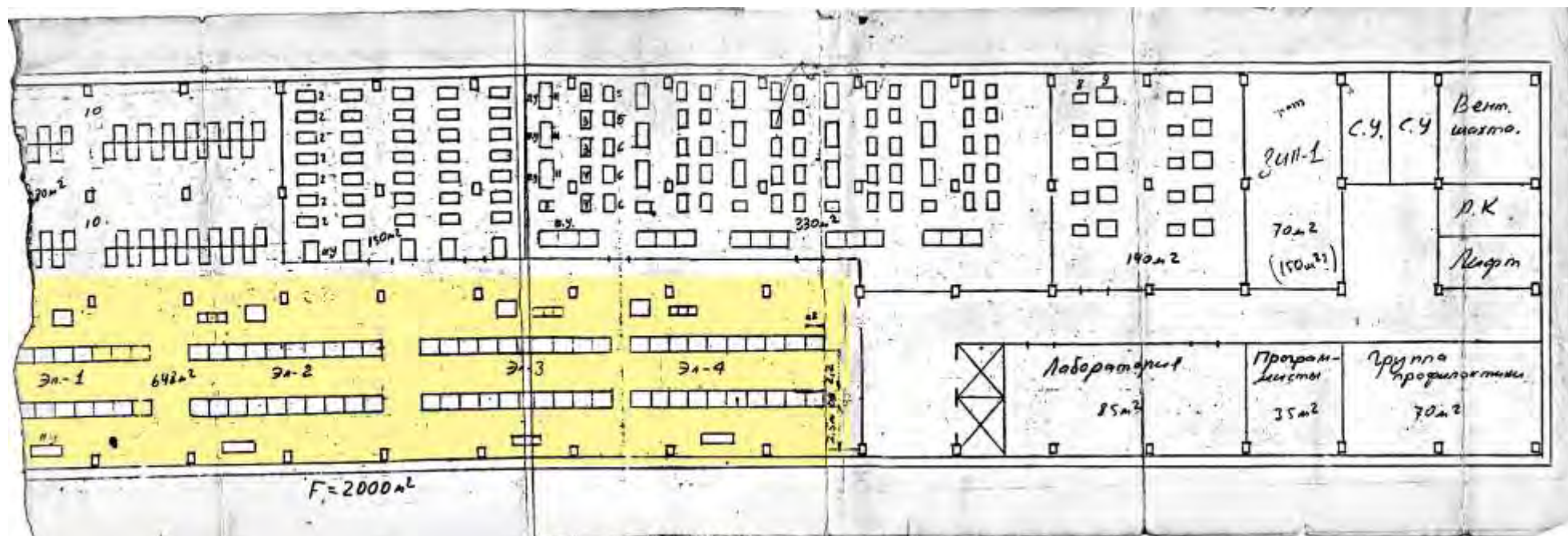
# Фрагмент экспериментального образа ЭВМ "5Э53"



# Основные характеристики ЭВМ "5Э53"

- Разрядность:
  - – данных – 20 и 40 бит, – команд – 72 бит.
- Система счисления – СОК.
- Тактовая частота – 6,0 МГц.
- Формат алгоритмической операции – 3÷5 коротких.
- Производительность на задачах ПРО:
  - – 10 млн. алг. оп/с (40 млн. коротких оп/с),
  - – 6,0 млн. кор.оп/с на одном модулярном процессоре,
- Время выполнения модульных операций – 1 такт = 166 нс.
- Число процессоров – 8 (4 модулярных и 4 двоичных).
  - ППЗУ команд – 2,8М бит,
  - ОЗУ данных – 7,0М бит,
    - – время цикла 700 нс,
    - – темп выборки – 166 нс,
  - –Объем оборудования ЭВМ:
    - – 7 типов шкафов и Инженерный пульт управления.
      - – число шкафов – 24
    - Размер шкафа, Н×В×L: – 1800×800×600 мм
    - Потребляемая мощность – 60 кВт.
  - Среднее время безотказной работы – 600 часов.
- Занимаемая площадь (со стендовым и ремонтным оборудованием) – 120 м<sup>2</sup>.

# Эскиз планировки полигонного МКСК "Аргунь"



Жёлтым отмечено помещение для размещения основного оборудования четырёх ЭВМ "5Э53"

## Судьба ЭВМ "5Э53"

В начале 1972 г. заместитель министра МРП издал приказ о прекращении фондирования завершения работ по "5Э53" в СВЦ и на заводе ЗЭМЗ. Все работы остановились, навсегда. Причины – это другая история.

На момент прекращения работ, по оценке СВЦ и ЗЭМЗ подготовка серийного производства 5Э53 в ЗЭМЗ была выполнена более чем на 70%.

Подготовлено соответствующее оборудование, изготовлены стенды и оснастка, расписаны технологии, обучены специалисты и т.д. Начато изготовление устройств ЭВМ. Все это пропало.

Д.И. Юдицкий и И.Я. Акушский искали других изготовителей 5Э53. Нашлись заводы, готовые взяться за её производство, но они были в МРП, и им не позволили. Главное – не было потребителя.

Невостребованной 5Э53 оказалась и в МЭП – задач для неё ещё не было. Время мощных САПР ИС, а на их задачах СОК эффективна, ещё не наступило. Когда наступила – появилась разработка супер-ЭВМ "Электроники СС БИС".

А восемь комплектов документации на 5Э53, возвращённых из ЗЭМЗ, бесславно сгорели в зеленоградском лесу.

# ЭВМ IV

В 1971 году в СВЦ началась разработка эскизного проекта мощной вычислительной системы – ЭВМ четвертого поколения (ЭВМ-IV), как прототип последующих прикладных систем.

ЭВМ-IV – модульная реконфигурируемая система с аппаратно-микропрограммной реализацией языков программирования PL-1 и IPL, считавшихся тогда наиболее перспективными.

## ЭВМ включала в себя подсистемы:

- центральной обработки (до 16 центральных процессоров – ЦП),
  - ввода-вывода (до 16 процессоров ввода-вывода),
  - ОЗУ (до 32 секций ОЗУ 32Кх64 бита),
- мощную модульную систему динамической коммутации модулей по сложному графу (любой ЦП с любым ПВВ и с любой секцией ОЗУ).

Общая производительность ЭВМ оценивалась в 200 млн. оп/с.

В ЦП планировалась табличная реализация СОК.

Кристаллы ПЗУ "ДМР-256" и других ИС монтировались на ситалловую платку, семь платок собирались в этажерку с межплатным монтажом по четырём граням, этажерки помещались в многофункциональный блок (МФБ).

блоки устанавливались на кросс-плату, кросс-платы монтировались в металлический герметичный корпус с фреоном, охлаждение тепловыми трубками.

Эскизный проспект ЭВМ-IV был успешно закончен в начале 1973 года.

# САПР самолётов

В конце 1971 года ОКБ «Кулон» авиаконструктора П.О. Сухого обратилось в СВЦ с заказом на разработку комплекса САПР самолётов.

Комплекс планировалось строить на основе проекта ЭВМ-IV

Система предполагала мощнейшую ЭВМ с необыкновенно развитой периферией: около 700 автоматизированных рабочих мест, каждое должно было работать в интерактивном режиме и комплектоваться:

- графическим дисплеем,
- АЦПУ,
- графопостроителем,
- средствами связи с ЭВМ.

Эскизный проект САПР заказчик с удовлетворением принял. Но расчётная стоимость комплекса оказалась настолько высокой, а периферийные устройства в стране были столь дефицитны, что Минавиапром отказался от её создания.

## Супер-ЭВМ "41-50"

В начале 1972 года СВЦ получил заказ ГРУ МО на разработку эскизного проекта супер-ЭВМ "41-50" (ОКР "Лидер") для обработки векторных и структурированных данных.

64-разрядная ЭВМ должна была обладать быстродействием в 200 млн. оп/с, иметь ОЗУ ёмкостью 16М байт, развитую периферию.

За рубежом уже были известны ЭВМ такого типа, например фирмы Burroughs (США).

Это многопроцессорные машины, обрабатывающие одиночным потоком команд множественный поток данных (SIMD-архитектура). Основная задача заключалась в распараллеливании данных между процессорами, которую обычно решали программно на основе скалярных процессоров.

В СВЦ строили изначально векторную ЭВМ с векторной системой команд, работающую над массивами и ориентированную на алгоритмы заказчика.

Задача динамического распараллеливания решалась на аппаратно-микропрограммном уровне на основе внутренних алгоритмов, что резко повышало эффективность системы в целом.

# Супер-ЭВМ "41-50"

Эскизный проект "41-50" СВЦ выполнял совместно с ИК АН Украины:

- директор ИК академик В.М. Глушков был научным руководителем проекта,
  - Д.И. Юдицкий – главным конструктором.

В ИК было создано 2 специальных подразделения (филиал СВЦ) во главе с З.Л. Рабиновичем и Б.Н. Малиновским.

Первоначально планировалось строить ЭВМ на основе проекта ЭВМ-IV с реализацией табличного варианта МА.

Но анализ специфичных алгоритмов заказчика (процент логических операций в них был значительно выше обычного) показал, что СОК при этом не даёт заметного преимущества в быстродействии.

Оправдать применение СОК могла удачная конструктивно-технологическая реализация табличной арифметики, обещавшая сокращение объёма аппаратуры. Но на поверку задел оказался весьма сырым, не пригодным к реализации. От СОК в ЭВМ "41-50" пришлось отказаться.

Началась проработка проекта на основе позиционной двоичной арифметики.

Но это уже другая история.



## Неприятный вывод

Три неудачных попытки - 5Э53, САПР самолётов и 41-50, показали, что разместить производство мощных ЭВМ, не профильных Минэлектронпрому, в других министерствах практически не удаётся

Конкуренции в СССР официально, по определению, не было. Но межведомственные барьеры были несокрушимы.

Поэтому Д.И. Юдицкий принял решение о смене курса СВЦ на мини-ЭВМ, мини-системы и микропроцессоры.

Но это малоразрядные ЭВМ (8 или 16 бит), где СОК не эффективен.

И это тоже другая история.

А работы по модулярной арифметике в СВЦ были прекращены.

## Судьба модулярной арифметики

В 1960÷1970-х годах в связи с разработками ЭВМ К340А, 5Э53 и ЭВМ-IV в СВЦ и у его контрагентов производились серьёзные научные исследования и разработки в области МА.

Было много публикаций на эту тему в открытой печати, в т.ч. и в виде монографий.

Многочисленные технические решения были зарегистрированы авторскими свидетельствами СССР как изобретения, на многие получены патенты Германии, Франции, Великобритании, Италии и США.

И.Я. Акушским, В.М. Амербаевым и их учениками (в СВЦ и за его пределами) были разработаны методы проведения вычислений в супербольших диапазонах с числами в сотни тысяч разрядов для решения задач теории чисел, не решённых со времён Эйлера, Гаусса, Ферма.

В целом работы СВЦ по модулярной арифметике, по оценке ак. В.М. Амербаева, примерно на 10 лет опережали зарубежный уровень.

Прекращение работ в СВЦ вызвало психологический шок у сторонников СОК, их научная активность существенно снизилась, сохранившись, в основном, в вузах, характер публикаций резко изменился.

Этот факт был замечен зарубежными учёными и их "компетентными органами", сделавшими вывод о засекречивании этих работ в СССР. Некоторые страны, например США, последовали этому "примеру".

# Юбилей модулярной арифметики

В 2005 г. исполнилось 50 лет первой публикации А. Свободы и М. Валаха о СОК.

Было решено отметить этот юбилей специальной международной конференцией "50 лет модулярной арифметике" и выяснить современное состояние МА.

К организации конференции удалось привлечь ряд фирм и специалистов России, Белоруссии, Казахстана, Украины и США.

В конференции приняли участие 49 участников, представивших 32 фирмы стран, выступивших с 44 докладами.

Был выпущен сборник трудов конференции общим объемом 774 страницы. Сборник размещен на сайте Виртуального компьютерного музея [www.computer-museum.ru](http://www.computer-museum.ru).

В сборнике трудов приведена также обширная библиография по МА, включающая 1354 публикаций, в т.ч.:

- 981 (72,1%) на русском языке,
- 378 (27,9%) на английском.

Библиография включает:

- 34 монографии,
- 566 статей,
- 337 докладов на конференциях,
- 426 патентов (в т.ч. 323 Авторские свидетельства СССР, 75,8%),
- 5 пособий.

# Экспертный анализ состояния модулярной арифметики

## Конференция проводилась в два этапа:

- заочный (анкетирование, сбор и выпуск сборника трудов),
- очный (пленарное заседание на территории МИЭТ).

В рамках конференции на основе анкетирования участников конференции сделан анализ различных аспектов развития и применения МА.

Участникам конференции было задано 15 вопросов с вариантами ответов на каждый. На вопросы анкеты ответили 41 участник конференции, но не каждый из них ответил на все вопросы. Результаты анализа приведены в виде 21-й гистограммы и в текстовой форме.

Анализ содержит много интересной информации, с которой можно ознакомиться в материалах конференции на вышеуказанном сайте [www.computer-museum.ru](http://www.computer-museum.ru).

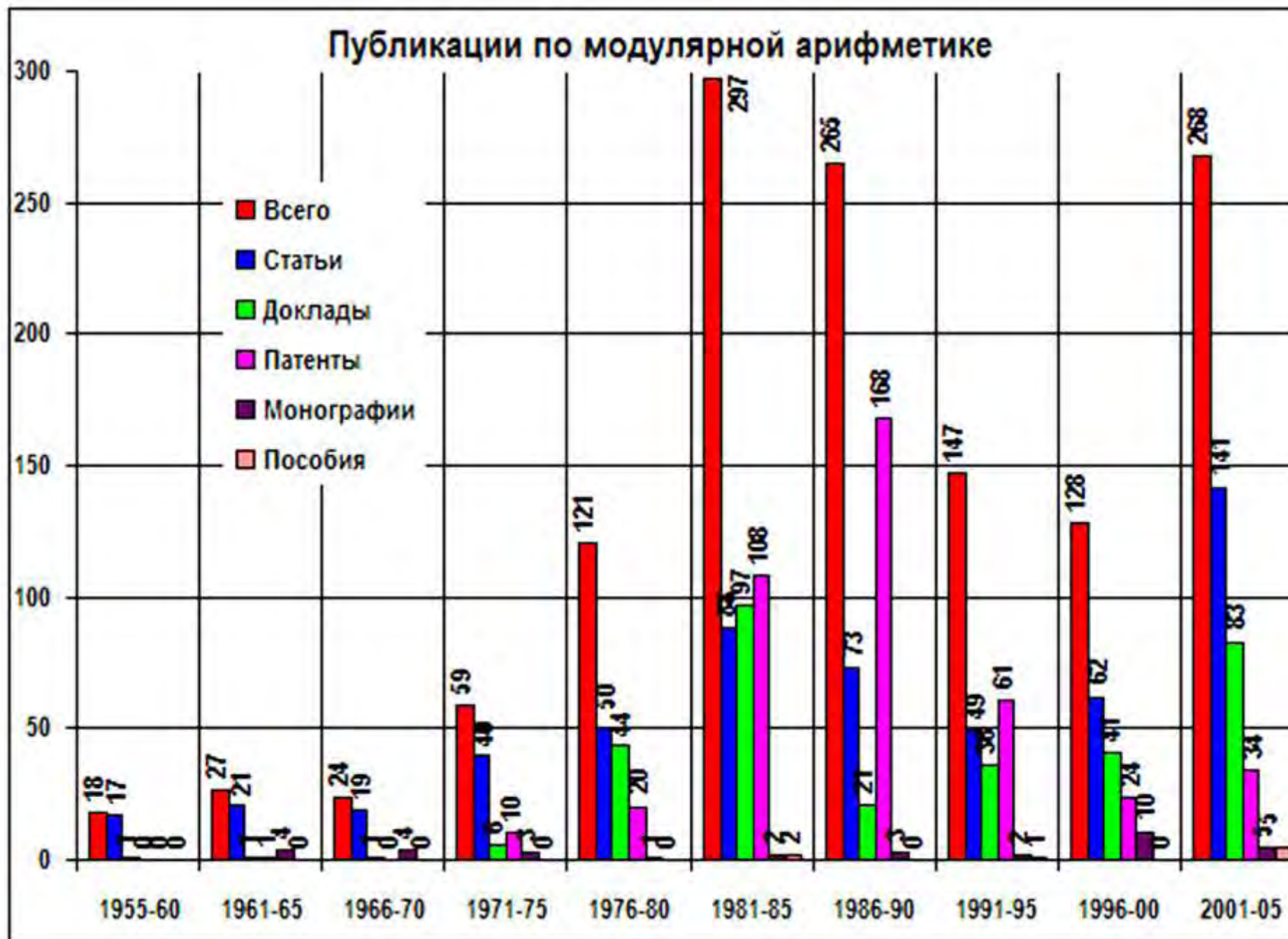
## Анализ показал четыре вида внедрения научных разработок в СОК:

- Технологии построения модулярных средств обработки информации.
- Аппаратная реализация модулярных средств обработки информации.
- Программная реализация модулярных средств обработки информации.
  - Учебные пособия для высшей школы.

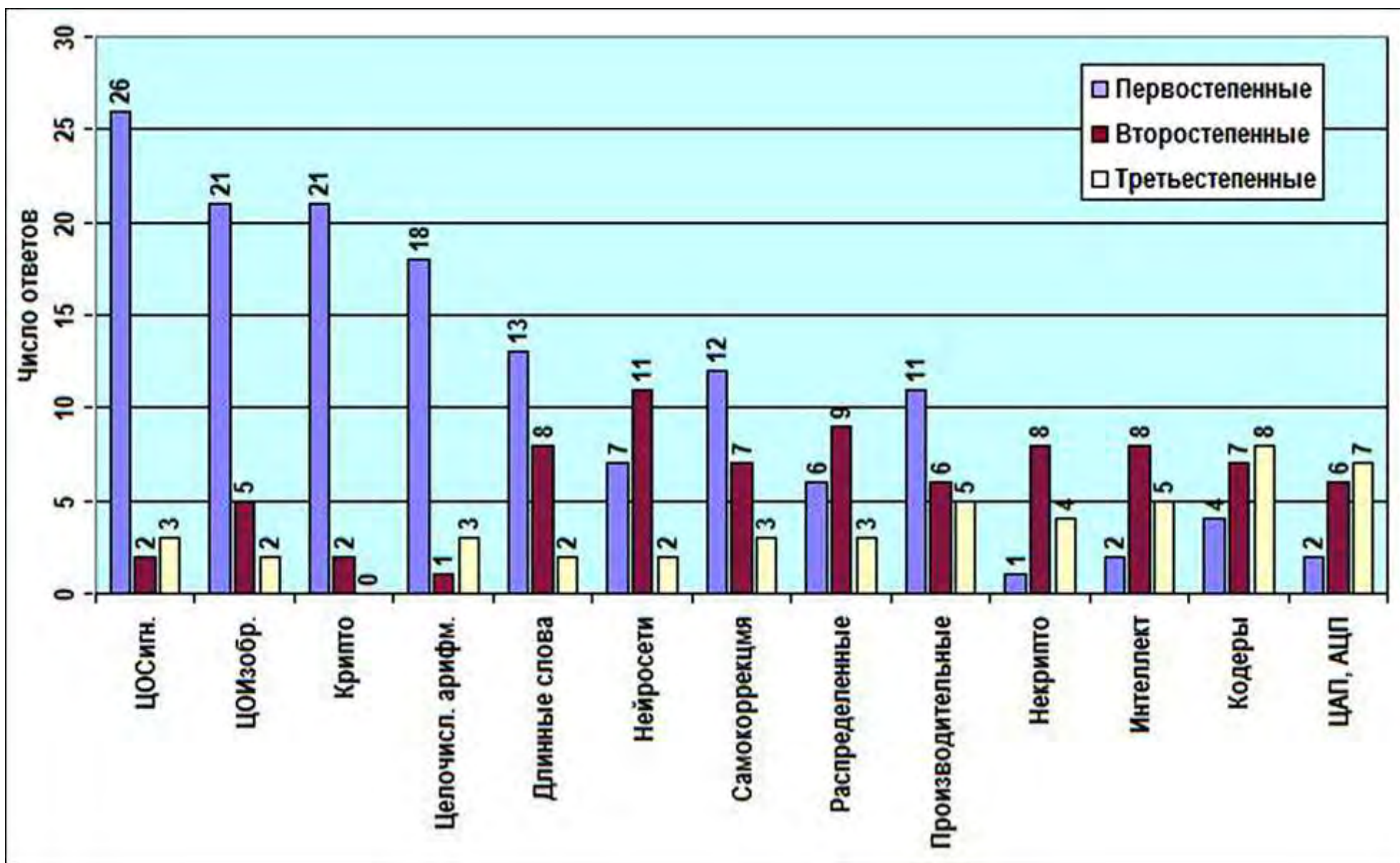
Для примера приведём результаты анализа результатов ответов на три вопроса:

- Публикации по МА,
- Области эффективности МА,
- Уровень развития МА.

# Публикации по модулярной арифметике



# Области эффективности модулярной арифметике





# Модулярная арифметика сегодня

Юбилейная конференция активизировала и консолидировала работы по МА.

Работы в области проектирования модулярных процессоров поддерживаются:

- в Москве в ИППМ РАН, Зеленоград,
  - в Алма-Ате в Институте Проблем Информатики и Управлении МОН РК,
  - в Минске в НИИ Прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко БГУ,
  - в Ставрополе в Ставропольском военном институте связи ракетных войск.
- Островки научных исследований в области МА представлены в многочисленных исследовательских центрах и вузах страны.

В мае 2008 г. в Северо-Кавказском ГТУ прошла конференция "Проблемы информационных технологий на основе использования МА".

В октябре 2010 г. в г. Ставрополе состоялась "Всероссийская научная конференция с элементами научной школы для молодежи «Параллельная компьютерная алгебра», в которой большое внимание уделяется "алгебре остаточных классов".

В качестве примера этой активизации рассмотрим работы по созданию нового направления модулярной арифметики – "**Модулярной логарифметики**", поставленные академиком РАН А.Л. Стемпковским и академиком НАН РК В.М. Амербаевым в зеленоградском ИППМ РАН.

Информацию об этой работе представлена в монографии "История отечественной вычислительной техники" (ИД "Столичная энциклопедия, М, 2017, с. 241-243).



# Модулярная логарифметика

За рубежом и в России интенсивно прорабатывается компьютерная логарифметика, в которой операции деления и умножения кардинально упрощаются.

Проблема в получении значений логарифмов многоразрядных чисел:

- их вычисления слишком сложны и длительны,
- табличный способ прост, но требует неприемлемо больших таблиц.

Применение СОК позволяет преодолеть «проклятие размерности», если в качестве оснований СОК избрать малобитные числа и в МА обрабатывать логарифмы остатков по каждому основанию СОК.

Такое решение получило название – "**Модулярная логарифметика**".

В рамках модулярной логарифметики в ИППМ РАН удалось:

- разработать пути сокращения «накладных расходов» на модульные и немодульные операции,
- существенно сократить, в сравнении с традиционной реализацией МА, временные и аппаратные затраты на арифметические операции,
- разработать новый тип архитектуры модулярного процессора,
  - разработать новую форму кодовой защиты от помех всех процедур, как модульных, так и немодульных.

Таким образом, найден ещё один путь развития МА, существенно повышающий её эффективность и снимающий ряд проблем её применения.

**Благодарю за внимание**

**[boris@malashevich.ru](mailto:boris@malashevich.ru)**