

КАРЦЕВ

МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2023

УДК 082.2 + 681.3

ББК 32.97

К21

К21 Карцев Михаил Александрович

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2023. – 364 с. + 16 с. цв. вкл.

ISBN 978-5-94836-678-4

Эта книга посвящается 100-летию юбилею Михаила Александровича Карцева – выдающегося создателя отечественных вычислительных машин и комплексов четырех поколений с рекордным для своего времени быстродействием, доктора технических наук, лауреата Государственной премии СССР, основателя и первого директора Научно-исследовательского института вычислительных комплексов. Книга содержит биографию Михаила Александровича, избранные статьи, воспоминания его друзей и коллег, историю создания и развития Научно-исследовательского института вычислительных комплексов им. М.А. Карцева.

УДК 082.2 + 681.3

ББК 32.97

Редакционная коллегия:

А.В. Горшков, В.Н. Зенин, С.А. Сорокин, Е.А. Алексеева

© АО «НИИВК им. М.А. Карцева», 2023

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2023

ISBN 978-5-94836-678-4

Содержание

Поздравления	7
А. В. Горшков. К читателю	15
Глава 1. Творческий путь М. А. Карцева в истории вычислительной техники	17
Глава 2. Биография М. А. Карцева	60
2.1. Биография М. А. Карцева в датах	60
2.2. В. М. Карцев. О моем отце	63
2.3. Страницы военных лет сержанта Михаила Карцева.....	68
Глава 3. Избранные статьи М. А. Карцева	79
3.1. Арифметические устройства электронных цифровых машин.....	79
3.2. Автоматизация вычислений и развитие вычислительной техники.....	82
3.3. Арифметика цифровых машин	90
3.4. Архитектура цифровых вычислительных машин.....	94
3.5. Вопросы построения многопроцессорных вычислительных систем	99
3.6. Вычислительная машина М-10.....	121
3.7. Основные принципы проектирования ЭВМ М-10.....	127
3.8. Список научных трудов М. А. Карцева.....	136
Глава 4. Создание и развитие НИИВК им. М. А. Карцева	144
Глава 5. Друзья и коллеги о М. А. Карцеве.....	150
5.1. <i>Савин А.И.</i> Его труды вошли в сокровищницу мировой науки и техники	150
5.2. <i>Иванов Л. В.</i> М. А. Карцев был талантлив во всем	151
5.3. <i>Рогачев Ю. В.</i> Михаил Александрович был человеком, одержимым вычислительной техникой	158
5.4. <i>Шидловский Р. П.</i> М. А. Карцев – учитель, наставник, друг	161
5.5. <i>Зенин В. Н.</i> Работа с Михаилом Александровичем – подарок судьбы.....	167
5.6. <i>Колосов В. А.</i> Деликатность Михаила Александровича была удивительной.....	169
5.7. <i>Петрова Г. Н.</i> Памяти Михаила Александровича Карцева.....	171
5.8. <i>Либуркин Л. З.</i> Проект «Октябрь», который опередил свое время.....	173
5.9. <i>Алексеев Г. Г.</i> В 1984 году ЭВМ М-13 М. А. Карцева была самой высокопроизводительной в мире	177
5.10. <i>Крупский А. А.</i> Улыбка Михаила Александровича Карцева.....	179
5.11. <i>Ахметова Ж. А.</i> Человечного Человека я никогда не забуду	182
5.12. <i>Миллер Л. Я.</i> Прямая речь М. А. Карцева.....	184
5.13. <i>Лушпин Л. И.</i> Урок вежливости, интеллигентности и ума.....	186
5.14. <i>Барыбин А. К.</i> Михаилу Александровичу свойственно врожденное уважение к людям.....	187
5.15. <i>Лазарев В. А.</i> Перебирая воспоминания	189
5.16. <i>Антипов Н. Н.</i> Капитан команды единомышленников.....	192
5.17. <i>Константинов В. П.</i> М. А. Карцев никогда не копировал зарубежные компьютеры	196

Глава 6. Публикации о М. А. Карцеве	199
6.1. <i>Малиновский Б. Н.</i> Михаил Александрович Карцев	199
6.2. <i>Вотинцев Ю. В.</i> У Минца использовали ЭВМ главного конструктора М. А. Карцева.....	220
6.3. <i>Саврасов Ю. С.</i> Начало СПРН – как это было.....	221
6.4. <i>Иванцов В. М.</i> ЭВМ М4-2М в РЛС «Днестр» и «Днестр-М»	223
6.5. <i>Кронрод А. С.</i> Он придумал очень удобную систему команд	224
6.6. <i>Головкин Б. А.</i> Эволюция параллельных архитектур и машины серии М.....	225
6.7. <i>Дорфман В. Ф.</i> Компьютерный гений, взрывающий время	232
6.8. <i>Филинов Е. Н.</i> Профессор М. А. Карцев.....	236
6.9. <i>Peter Wokott, Seymour E. Goodman.</i> Survey & Tutorial Series High-Speed Computers of the Soviet Union.....	239
6.10. <i>Смолевицкая М. Э.</i> М. А. Карцев – выдающийся конструктор отечественных ЭВМ и ВК	241
6.11. Первый опыт дистанционного управления работой ЭВМ	247
6.12. <i>Дубова Н. А.</i> СуперЭВМ М. А. Карцева	252
6.13. Биографическая энциклопедия «Электроника России».....	264
6.14. Московская энциклопедия. Лица Москвы	266
6.15. Творческое наследие М. А. Карцева значительно и весомо.....	268
6.16. Михаил Александрович Карцев на порталах Интернета	275
Глава 7. Увековечение памяти М. А. Карцева.....	279
Глава 8. Материалы о М. А. Карцеве	284
8.1. Материалы Политехнического музея о М. А. Карцеве	284
8.2. Личный фонд М. А. Карцева в музее НИИВК.....	294
Глава 9. От первых ЭВМ до суперкомпьютеров.....	302
Глава 10. Этапы развития школы М. А. Карцева	326
Глава 11. Горизонты инновационного развития	359





ПРЕЗИДЕНТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

БЛАГОДАРНОСТЬ

*За вклад в разработку
и создание новой специальной техники,
укрепление обороноспособности страны
и многолетнюю добросовестную работу*

*коллективу
акционерного общества
"Научно-исследовательский
институт вычислительных
комплексов им. М. А. Карцева",
город Москва*



В. Путин

*Москва, Кремль
24 марта 2023 г.*



**Сотрудникам и ветеранам Научно-исследовательского института
вычислительных комплексов имени
М. А. Карцева**

Уважаемые друзья!

Поздравляю вас со знаменательной датой — столетием со дня рождения Михаила Александровича Карцева.

Блестящий учёный и талантливый организатор, Михаил Александрович Карцев внёс важный вклад в развитие отечественной микроэлектроники. Без его трудов и работ, которые выполнялись под руководством Михаила Карцева, сегодня невозможно представить современную

микроэлектронику, сферу информационно-коммуникационных технологий. Он сумел сплотить вокруг себя талантливых, квалифицированных специалистов, которые создавали опережающие своё время разработки.

В их числе и созданная под руководством Михаила Александровича Карцева ЭВМ М-13 с устройством абонентского сопряжения для высокопотенциальной радиолокационной станции «Дарьял-У». Радиолокационный центр «Дарьял-У» предназначался для дальнего надгоризонтного обнаружения баллистических ракет и космических объектов на «южном ракетоопасном направлении» — в секторе Западный Китай — Иран. ЭВМ М-13 с полным правом можно назвать суперкомпьютером. В 1984 году М-13 стала единственной из отечественных машин, которая с быстродействием 2,4 Гфлопс пусть ненадолго, но возглавила список наиболее производительных компьютеров в мире. И конечно, этим результатом можно гордиться не меньше, чем другими научными достижениями страны.

Предшественниками знаменитой ЭВМ М-13 были векторные машины второго поколения ВК М-9 (1968) и третьего поколения М-10 (1973),

также созданные под руководством Михаила Александровича Карцева. Работы по их созданию были засекречены, поскольку ЭВМ разрабатывались для в высшей степени ответственных задач — системы предупреждения о ракетном нападении, общего наблюдения за космическим пространством. Кроме того, система должна была обеспечивать военно-политическое руководство страны информацией о ракетном нападении на СССР.

Последняя разработка Михаила Карцева — ЭВМ М-13 — относится к четвёртому поколению машин, созданных под его руководством. В ней сконцентрировались весь опыт и знания, полученные при создании ЭВМ М-10 и вычислительных комплексов на её основе.

Отмечу, что программная совместимость систем М-13 обуславливалась единым для всех моделей машинным языком, единым математическим обеспечением, содержащим режим работы в реальном масштабе времени, диалоговый режим разделения времени с предоставлением мониторов для создания, трансляции и отладки программ на машинно-ориентированных и алгоритмических языках.

При этом разработка и отладка прикладных программ для М-13 началась задолго до выпуска экспериментального образца машины. Для этого была разработана регистровая математическая модель аппаратуры процессора обработки функций (ПОФ), входящего в состав М-13. Регистровая математическая модель М-13 и средства компиляции были разработаны на языках высокого уровня, отлаживались и функционировали на ЭВМ М-10, что позволило создавать и отлаживать системные и прикладные программы заранее, до ввода в эксплуатацию ЭВМ М-13.

Одновременно разрабатывались и новые алгоритмы первичной обработки информации в сопрягаемых радиолокационных системах. Созданные прикладные и системные программы обеспечивали управление и синхронизацию работы всех процессоров первичной обработки входной информации в составе ПОФ для многоканальных систем, работающих в реальном времени.

Фундаментальные научные труды, новаторские идеи, реализованные Михаилом Александровичем и коллективом института на практике, по праву можно считать одними из наиболее ярких достижений мировой науки и техники.

Сегодня, находясь на пороге больших открытий в квантовых технологиях, в других передовых областях науки, очень важно обращаться к наследию таких выдающихся деятелей науки, как Михаил Карцев.

Ведь их жизненный путь, профессионализм, безграничная преданность избранному делу — служат достойным примером для молодого поколения учёных, вдохновляют всех нас на новые свершения во благо науки и процветания нашей страны.

Ещё раз поздравляю вас с юбилейной датой, желаю успехов и всего самого доброго.



*Президент Российской академии наук
академик РАН Г. Я. Красников*



От имени Минпромторга России и от себя лично поздравляю коллектив Акционерного общества «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева» в связи со 100-летием со дня рождения его первого директора и основателя, главного конструктора ЭВМ и вычислительных комплексов четырех поколений, автора фундаментальных научных трудов по вычислительной технике, доктора технических наук, лауреата Государственной премии СССР Михаила Александровича Карцева.

Роль института и его создателя в истории развития отечественной электронной вычислительной техники трудно переоценить. Молодой коллектив под руководством М. А. Карцева был воодушевлен грандиозной задачей создания современных вычислительных средств и сделал все необходимое для ее реализации. Созданная научная школа и высокий профессиональный уровень сотрудников позволяют институту справляться с актуальными вызовами и успешно выполнять свои задачи.

Желаю коллективу института дальнейших успехов и процветания во благо российской науки и техники!

*С уважением,
В. В. Шпак,
заместитель министра промышленности и торговли
Российской Федерации*

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, flowing letters that appear to be 'V. V. Shpak'.



Глубокоуважаемые коллеги!

В 2023 году исполняется 100 лет со дня рождения Михаила Александровича Карцева — главного конструктора ЭВМ и вычислительных комплексов четырех поколений, автора фундаментальных научных трудов по вычислительной технике, доктора технических наук, лауреата Государственной премии СССР. Основатель и первый директор Научно-исследовательского института вычислительных комплексов, он внес огромный

вклад в развитие вычислительной техники.

Продолжая дело Михаила Александровича Карцева, НИИВК добился больших успехов в области создания сверхсложных высокотехнологических информационных систем для ракетно-космической обороны страны. В настоящее время НИИВК успешно создает программно-аппаратные комплексы для мониторинга, предиктивной диагностики, АСУ ТП в различных отраслях, в том числе цифровые оптические системы, системы управления БПЛА, робототехнические комплексы, системы с искусственным интеллектом.

Отрадно видеть, что созданная М. А. Карцевым научная школа и творческая атмосфера в коллективе института сохраняются и в настоящее время. Сегодня АО «НИИВК им. М. А. Карцева» — авторитетный научный центр России по разработке вычислительной техники.

РТУ МИРЭА и НИИВК связывает тесное научно-техническое сотрудничество. Более 17 лет в НИИВК работает базовая кафедра, что стало эффективной площадкой для подготовки высококвалифицированных кадров. Научно-инженерный состав НИИВК активно сотрудничает с ведущими университетами России.

Уверен, что ваши глубокие знания и опыт, самоотверженный труд внесут свой вклад в подготовку специалистов и разработку современных информационных систем.

В знаменательный день Юбилея желаю коллективу института крепкого здоровья, финансового благополучия, удачи и новых побед!

*Ректор РТУ МИРЭА, д. т. н.
С. А. Кудж*



Дорогие коллеги и друзья!

Эта книга посвящена 100-летию со дня рождения Михаила Александровича Карцева — главного конструктора ЭВМ и вычислительных комплексов четырех поколений, автора фундаментальных научных трудов по вычислительной технике.

М. А. Карцев — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, участник Великой Отечественной войны, кавалер орденов Ленина, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, обладатель звания «Почетный радист».

Михаил Александрович Карцев — основатель и первый директор нашего института. Данная книга позволяет вспомнить отдельные моменты и дела из его жизни.

Михаил Александрович Карцев стоял у истоков создания направлений, без которых сегодня сложно представить развитие вычислительной техники, создание компьютеров на сверхсложных микропроцессорах с параллельно-векторной структурой, позволяющих строить системы обработки данных и знаний, электронных и оптоэлектронных компьютеров с массовым параллелизмом, нейронной структурой, с распределенной сетью большого числа (десятки тысяч) микропроцессоров.

Эрудиция М. А. Карцева и широта охвата различных проблем была поразительной. Кроме применения созданной им отечественной вычислительной техники для наблюдения за околоземным пространством при работе системы СПРН, под его руководством совместно с Акустическим институтом были выполнены научно-исследовательские работы с целью использования ЭВМ М-10 в задачах гидроакустики по освещению подводной обстановки в прилегающих к СССР прибрежных морских зонах.

Впервые в мире на модели, рассчитанной с помощью М-10, советскими физиками были получены данные по явлению коллапса в плазме, чего не удалось сделать ученым США на суперЭВМ СДС-7600.

В 1984 году М-13 — единственная из отечественных машин, которая с рекордным быстродействием 2,4 Гфлопс стала самым производительным компьютером в мире.

М. А. Карцев большое внимание уделял подготовке кадров.

С целью реализации государственной программы компьютеризации школьного образования институт разработал и внедрил в серийное производство первую в стране персональную ЭВМ «Агат».

Наш институт находится на острие научно-технического прогресса, решает задачи в области обеспечения обороноспособности и технологического суверенитета России. Наряду с работами в исторически сложившихся приоритетных областях осваиваются новые направления. Созданы лаборатории внешнего пилотирования и эксплуатации беспилотных воздушных судов, искусственного интеллекта, создан центр информационной безопасности.

Выпускаемые предприятием автоматические регистраторы параметров движения обеспечивают безопасность движения поездов в Московском метрополитене и, в конечном счете, безопасность миллионов пассажиров. Также москвичей и гостей столицы обслуживает современная система контроля воздушного транспорта, созданная специалистами института в аэропорту Шереметьево.

В настоящее время одно из ключевых направлений деятельности НИИВК — развитие высокопроизводительных вычислительных платформ является продолжением и развитием направления, заданного М. А. Карцевым.

Можно поражаться энтузиазму Михаила Александровича Карцева, грузу ответственности, напряжению, в котором он жил и работал. Институт с гордостью и ответственностью носит имя Михаила Александровича Карцева.

*Генеральный конструктор
АО «НИИВК им. М. А. Карцева»,
д. т. н. С. А. Сорокин*



К ЧИТАТЕЛЮ

Уважаемые читатели!

Эта книга посвящается памяти Михаила Александровича Карцева — всемирно известного создателя отечественных вычислительных комплексов, главного конструктора отечественных ЭВМ и вычислительных комплексов четырех поколений, автора фундаментальных научных трудов по вычислительной технике, определивших в свое время пути ста-

новления мировой науки и техники, доктора технических наук, лауреата Государственной премии СССР, основателя и первого директора НИИ вычислительных комплексов.

Десятого мая 2023 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Михаила Александровича Карцева.

М. А. Карцев — инженер, ученый, намного опередивший свое время.

Детство и юношество Михаила Александровича Карцева прошло в условиях восстановления страны после разрушительных Первой мировой и Гражданской войн. Молодое государство давало возможность талантливой молодежи получить образование, но грянула Великая Отечественная война.

В первые дни войны восемнадцатилетний Михаил ушел на фронт. Воевал сначала в стрелковом, а затем в артиллерийском полку, имел ранение и контузию. За боевые заслуги и личный героизм М. А. Карцев награжден медалью «За отвагу» и орденом Красной Звезды. После войны пришлось наверстывать упущенное, совмещать учебу на радиотехническом факультете МЭИ с работой над одной из первых в СССР ЭВМ (М-1) под руководством И. С. Брука.

В 1958 году выходит первый научный труд М. А. Карцева — книга «Арифметические устройства цифровых электронных машин», которая стала на долгие годы настольной книгой для разработчиков ЭВМ. В ней и других работах М. А. Карцевым сформировано целое направление вычислительной техники — создание управляющих ЭВМ для работы в реальном масштабе времени.

М. А. Карцев создал и внедрил в серийное производство высокопроизводительные вычислительные машины четырех поколений серии М и вычислительные комплексы на их основе. Этими комплексами оснаща-

лись радиолокационные узлы и командные пункты систем предупреждения о ракетном нападении (СПРН) и системы спутникового обнаружения в рамках обеспечения стратегии национальной безопасности и развития оборонного потенциала страны. Так, в 1962 г. успешно прошла государственные испытания на объекте первая система обработки информации в реальном времени для системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) на машинах М-4, М-4М. Эти машины были созданы М. А. Карцевым на принципиально новой для того времени элементной базе — полупроводниковых элементах. На базе М4-2М были созданы резервируемые вычислительные комплексы для обработки радиолокационной информации на всех уровнях СПРН первого поколения в СССР.

По мере усложнения задач, стоящих перед системами СПРН и ПРО, требовалось создавать ЭВМ все большей мощности. В 1980 году вышло постановление правительства о создании радиолокационной станции «Дарьял-У». Для этой РЛС институту поручалась разработка вычислительного комплекса с использованием ЭВМ М-13. Главным конструктором утверждался М. А. Карцев. Техническим заданием на вычислительный комплекс дополнительно к ЭВМ М-13 предусматривалась разработка специального процессора для цифровой обработки сигналов — процессора обработки функций (ПОФ). В 1991 году ЭВМ М-13 успешно выдержала совместные испытания с РЛС «Дарьял-У».

С целью реализации государственной программы компьютеризации школьного образования М. А. Карцев в 1982 г. включил в план работы НИИВК проектирование, разработку и внедрение в серийное производство первой в стране персональной ЭВМ «Агат».

Верные заветам Михаила Александровича сотрудники института обеспечивают его развитие, отмеченное в 1986 г. орденом Трудового Красного Знамени, в 2017 г. — благодарностью Правительства России, в 2022 г. институту присвоен статус технопарка г. Москвы, в 2023 г. институт удостоился благодарности Президента России.

*Генеральный директор
АО «НИИВК им. М. А. Карцева»
А. В. Горшков*



Глава 1

ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ М. А. КАРЦЕВА В ИСТОРИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

*Мухтарулин В. С., генеральный директор НИИВК с 1992 по 2014 год,
Рогачев Ю. В., директор НИИВК с 1983 по 1988 год*

Михаил Александрович Карцев является одним из крупнейших ученых в области цифровой вычислительной техники. Доктор технических наук, профессор, выдающийся конструктор мощных отечественных вычислительных комплексов, был основателем и первым директором Научно-исследовательского института вычислительных комплексов (НИИВК). Весь жизненный путь Михаила Александровича Карцева связан с развитием средств отечественной цифровой электронной вычислительной техники.

Родился Михаил Александрович 10 мая 1923 г. в городе Киеве в семье педагогов. Десятилетку окончил перед самой Великой Отечественной войной, в июне 1941 г. Тем же летом его направляют на оборонительные работы в Донбасс, а с сентября 1941 г. по февраль 1947-го он служит в рядах Советской армии. Во время войны прошел на танке через бои Юго-Западного, Южного, Северо-Кавказского и 2-го Украинского фронтов, принимал участие в освобождении Румынии, Венгрии, Чехословакии и Австрии. За проявленное мужество был награжден орденом Красной Звезды и медалью «За отвагу».

После демобилизации в феврале 1947 г. Михаил Карцев решает поступать в высшее учебное заведение. Однако его аттестат об окончании школы утерян, а получить дубликат в разрушенном и разграбленном Киеве было практически невозможно. Тогда он экстерном сдает экзамены по всем предметам средней школы и получает новый аттестат зрелости. В сентябре 1947-го он становится студентом радиотехнического факультета МЭИ и в этом же учебном году успешно сдает экзамены и за первый, и за второй курсы.

В октябре 1950 г., будучи студентом пятого курса МЭИ, он был принят на работу по совместительству на полставки инженера в лабораторию электросистем Энергетического института АН СССР, в которой под техническим руководством И. С. Брука (рис. 1.1) шла разработка одной из первых ЭВМ в нашей стране¹. Работой руководил Н. Я. Матюхин. Он и привлек Карцева к этой работе. Первые сведения об ЭВМ М. А. Карцев получил от члена-корреспондента АН СССР И. С. Брука, который выдал ему задание спроектировать устройство управления машины — главный программный датчик.

Брук был хорошим учителем, а Карцев оказался достойным учеником: за два с половиной месяца им была разработана полная блок-схема главного программного датчика и конструкторская документация на все блоки этого устройства.

Вот перечень этих блоков: генератор тактирующих импульсов, блок пуска и синхронизации, распределитель импульсов, блок формирования импульсов, регистр адреса, пусковой регистр, селекционный регистр, блок операций и шифр, клапанный блок, блок выбора памяти, блок операции сравнения.

С середины декабря 1950 г. электрические схемы начали поступать в монтажную мастерскую лаборатории электросистем для изготовления блоков и передачи их для настройки на штатное место в машине. В феврале 1951 г. все блоки были изготовлены, и началась автономная настройка устройства.

В декабре 1951 г. ЭВМ М-1 успешно выдержала приемо-сдаточные испытания и была переведена в режим опытной эксплуатации.

Отчет по работе «Автоматическая цифровая вычислительная машина М-1» утвержден директором Энергетического института АН СССР академиком Г. М. Кржижановским 15 декабря 1951 г. (рис. 1.2).

В марте 1952 года Карцев успешно защищает дипломный проект и возвращается на работу к Бруку уже дипломированным инженером.

И. С. Брук высоко оценил способности Карцева, проявившиеся в процессе проектирования и изготовления ЭВМ М-1, угадывая в нем научный и инженерный талант. Он поручает ему возглавить разработку и изготовление следующей машины — б ыстродействующей ЭВМ М-2.

¹ В 1950–1951 гг. одновременно и независимо были разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию две первые в стране и Восточном полушарии электронные вычислительные машины М-1 (Энергетический институт АН СССР, Москва, главный конструктор Брук Исаак Семенович) и МЭСМ (Институт электротехники АН УССР, г. Киев, главный конструктор Лебедев Сергей Александрович).

Авторский состав
создания одной
из первых в СССР
цифровой машины
ЭВМ М-1
(1950–1951 гг.)



И.С. Брук



Н.Я. Матюхин



М.А. Карцев



Р.П. Шидловский



А.Б. Залкинд



Ю.В. Рогачев



Т.М. Александриди

Рис. 1.1. Основные разработчики ЭВМ «М-1»

Инв. № 683

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Г.М. КРЖИЖАНОВСКОГО.

Лаборатория ЭЛЕКТРОСИСТЕМ.

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ: АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЦИФРОВАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
МАШИНА.
[М-1]

Академия наук СССР
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
МОСКВА, Б-1, Д. ПРОФ. КРЖИЖАНОВСКОГО Д. 19

Директор Энергетического института
АН СССР
академик *Г. Кржижановский* / Г.М. Кржижановский /

Руководитель лаборатории
Электросистем
член. корр. АН СССР *И.С. Брук* / И.С. Брук /

Исполнители работы
Младшие научные сотр. *Александр* / Т.М. Александриды /
А.Б. Залкинд / А.Б. Залкинд /
М.А. Карцев / М.А. Карцев /
Н.Я. Матехин / Н.Я. Матехин /
Л.М. Жукин / Л.М. Жукин /
Ю.В. Рогочев / Ю.В. Рогочев /
В.П. Шугловский / В.П. Шугловский /

Техники:

А н н о т а ц и я

В отчете дается краткое описание ████████ построенной
машины и принцип действия отдельных ее устройств.

Москва
1951г.

№1539
15/кв-51г
3 экз

Рис. 1.2. Титульный лист отчета

Используя опыт создания машины М-1 и ее эксплуатации, результаты решения на ней сложных научных задач, и И. С. Брук, и М. А. Карцев понимали, что новая машина должна иметь технические характеристики более высокого уровня, чем у машины М-1. Если при разработке М-1 основной целью было решить вопрос принципиальной возможности построения автоматической цифровой вычислительной машины, то в М-2 ставилась задача создать машину быстродействующую, технологичную

в изготовлении и настройке, удобную в эксплуатации, способную обеспечить надежное решение широкого круга задач. Именно под эти требования велась отработка структуры машины, ее элементной базы и ее конструкции.

Работа по созданию ЭВМ М-2 была инициативной и не обеспечивалась никакими директивными документами. Поэтому все вопросы разработки и изготовления машины приходилось решать коллективу этой группы своими силами, опираясь на постоянную поддержку И. С. Брука. Машина была разработана и изготовлена в рекордно короткий срок.

Вспоминая об этом периоде работы у И. С. Брука, Карцев говорил: *«Весной 1952 года мне поручили руководить группой в составе примерно 6–7 человек, которая должна была спроектировать и построить вычислительную машину М-2. Как мы это делали тогда, мне сейчас трудно себе представить. Нас было 6–7 человек, мы разрабатывали техническую документацию, вели производство, а производство шло на опытном заводе Института горючих ископаемых АН СССР, в опытном производстве ОКБ МЭИ, на заводе Медаппаратуры на Соколе, в опытном производстве нынешнего МНИИПА, в опытном производстве нынешнего ЦНИРТИ и еще примерно в десятке организаций.*

Начали мы работы весной 1952 года, а к 10 октября 1952 года были включены первые две стойки — арифметика и управление машины. К 7 ноября был включен шкаф питания и магнитный барабан, к 5 декабря, ко Дню Конституции, был включен последний шкаф машины — шкаф электронной памяти (рис. 1.3). И уже в январе 1953 года машина работала с магнитным барабаном, а к лету — и с электронной памятью тоже...»

Машина М-2 имела трехадресную систему команд, формат 34 двоичных разряда, представление чисел с плавающей запятой и фиксированной запятой, точность вычислений — около 8 десятичных знаков (с плавающей запятой) и 10 десятичных знаков (с фиксированной запятой), память на ЭЛТ емкостью 512 чисел и дополнительное запоминающее устройство на магнитном барабане емкостью 512 чисел. Производительность М-2 составляла в среднем 2 тыс. оп/с.

В 1957 году в М-2 память на ЭЛТ была заменена памятью на ферритовых сердечниках емкостью 4096 слов. Установка ферритового запоминающего устройства при уменьшении количества основного оборудования привела к значительному расширению объема памяти и некоторому повышению быстродействия.

В создании ЭВМ М-2 М. А. Карцев выступил уже как зрелый и опытный специалист, открывая и умело используя новые находки в развитии вычислительной техники.



Рис. 1.3. Брук и Карцев у ЭВМ М-2

Материалы работ по созданию М-1 и М-2 стали основой кандидатской диссертации М. А. Карцева, которую он защитил в 1958 г., и выпуска научной книги «Арифметические устройства электронных цифровых машин», изданной в том же году.

В 1957–1958 гг. в Советском Союзе начали появляться первые типы транзисторов, освоенных в массовом производстве. Их применение вместо радиоламп сулило значительный прогресс в развитии вычислительной техники. И разработчики ЭВМ это чувствовали сильнее других. Поэтому в Лаборатории управляющих машин и систем (ЛУМС АН СССР), которая была образована в 1956 году на базе лаборатории И. С. Брука, широко развернулись исследования характеристик транзисторов в различных режимах их работы в электронных схемах ЭВМ (надежность, стабильность параметров, скорость работы и др.). Карцев принимал активное участие в этих исследованиях. Разрабатывались различные варианты схемных решений элементов на транзисторах: статические, динамические, импульсные, потенциально-импульсные, потенциальные. Результаты этих исследований подтверждали надежную работоспособность и возможность на освоенных в то время транзисторах построить

электронные схемы для вычислительных машин с быстродействием свыше 10 тыс. оп/с.

Осенью 1957 г. директор Радиотехнического института АН СССР академик А. Л. Минц (рис. 1.4) обратился к директору Лаборатории управляющих машин АН СССР (ЛУМС АН СССР) И. С. Бруку с предложением разработать электронную вычислительную машину для управления и обработки информации экспериментального радиолокационного комплекса контроля космического пространства (РЛС ЦСО-П и РЛС ЦСС-30). Предложение было принято. В подготовке технического задания на ЭВМ приняли участие М. А. Карцев (ЛУМС АН СССР) и Ю. В. Поляк (главный конструктор РЛС в РТИ АН СССР).

Главным конструктором М-4 был определен И. С. Брук. М. А. Карцев назначался заместителем главного конструктора. В структуру маши-



Рис. 1.4. А. Л. Минц

Александр Львович Минц — выдающийся советский физик и радиотехник, академик АН СССР. Герой Социалистического Труда. Под его руководством в РТИ разрабатывались и были созданы радиолокационные станции ЦСО-П, «Днестр», «Днепр», «Даугава», «Дарьял», «Дон» и их модификации для систем ПРН, ККП, ПКО и ПРО.

ны закладывались особенности, связанные с конкретным назначением. Предусматривалась аппаратная реализация некоторых сложных операций (извлечение квадратного корня, двойное сравнение и др.), внутренняя постоянная память для хранения программ и констант, функциональное распараллеливание вычислений благодаря использованию специализированных процессоров ввода-вывода. Было принято решение строить машину на транзисторах и германиевых диодах.

Утвердили это техническое задание А. Л. Минц и И. С. Брук.

Машина получила обозначение ЭВМ М-4 — очередной номер машин у И. С. Брука. (*ЭВМ М-3 была разработана группой специалистов под руководством Н. Я. Матюхина.*) Руководство разработкой ЭВМ М-4 возлагалось на М. А. Карцева. Была образована специальная группа инженеров и техников, которая уже в декабре 1957 года приступила к разработке конструкторской документации. Основные разработчики Г. И. Танетов, Г. И. Смирнова, Л. В. Иванов, Р. П. Шидловский, Ю. В. Рогачев, Е. С. Шерихов, Е. И. Цибуль.

В апреле 1958 г. вышло постановление правительства с поручением ЛУМС АН СССР разработать, а Загорскому электромеханическому заводу (ЗЭМЗ) изготовить два комплекта ЭВМ М-4. В этом же месяце конструкторская документация ЭВМ М-4 была направлена на Загорский электромеханический завод. М. А. Карцев согласовал с руководством завода все организационные вопросы авторского сопровождения изготовления машин ее разработчиками. Постоянным ответственным представителем для решения текущих вопросов производства М-4 на заводе был назначен Р. П. Шидловский.

27 сентября 1958 г. вышло постановление Президиума АН СССР о преобразовании Лаборатории управляющих машин и систем АН СССР в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ АН СССР). Директором института назначался И. С. Брук. Институт получил заказы на разработку новых вычислительных машин М-5, М-6 и М-7.

Вычислительная машина М-5 предназначалась для решения экономических задач, планирования и статистики в народном хозяйстве. Главным конструктором ЭВМ М-5 был назначен М. А. Карцев. Он с энтузиазмом включился в эту работу, уделяя ей практически все время. Машина М-4 не требовала в этот период его активного участия — шла подготовка производства на заводе, с которой успешно справлялся коллектив под руководством Р. П. Шидловского.

К разработке машины М-5 были привлечены лучшие инженерные и конструкторские силы ИНЭУМ. Развернулись широким фронтом рабо-

ты по проектированию устройств машины и выпуску конструкторской документации.

М-5 представляла собой мультипрограммную и многотерминальную ЭВМ, реализующую режимы как пакетной обработки, так и разделения времени. Ее структура базировалась на общей магистрали, связывающей центральный процессор, блоки оперативной памяти и устройства управления вводом-выводом и внешней памятью (которые играли роль каналов, характерных для машин третьего поколения). Была выделена адресная арифметика, обеспечивавшая выполнение инструкций над индексными регистрами и преобразование адресов основных команд. Машина оперировала с 37-разрядными числами с фиксированной и плавающей запятой. 37-разрядный формат одноадресных инструкций содержал поля адреса, ключей, индексов и кода операций. Была обеспечена возможность страничной организации памяти. Изготовление ЭВМ М-5 планировалось произвести на Минском заводе им. Орджоникидзе.

Осенью 1960 г. Загорский электромеханический завод завершил изготовление двух комплектов устройств ЭВМ М-4 и поставил их в Радиотехнический институт А. Л. Минца. Первый комплект машины предназначался для управления и обработки информации РЛС ЦСОП, и перед отправкой на место эксплуатации его комплексную стыковку было решено провести в РТИ. М. А. Карцев был вынужден оставить работы по М-5. В этой обстановке И. С. Брук принял решение о разделении двух работ и об образовании спецлабораторий № 1 и № 2. Завершение работ по ЭВМ М-5 возлагалось на лабораторию № 1 под руководством В. В. Бельнского. М. А. Карцев был назначен руководителем спецлаборатории № 2 и полностью переключился на работы по вводу в эксплуатацию ЭВМ М-4. В декабре 1960 г. ЭВМ М-4 была отлажена и направлена на объект в Казахстан, в район озера Балхаш, а в начале 1961 г. туда же выехали практически все сотрудники спецлаборатории № 2 вместе с М. А. Карцевым.

С января 1961 г. и до середины 1962 г. коллектив спецлаборатории № 2 практически безвыездно находился на объекте. Работы проводились круглосуточно. В результате одна из первых в нашей стране транзисторных ЭВМ — машина М-4, работавшая в реальном масштабе времени, в июле 1962 г. успешно выдержала Государственные испытания совместно с радиолокационной станцией и была предложена для серийного производства.

Второй комплект ЭВМ М-4 был предназначен для работы с РЛС дециметрового диапазона ЦСС-30, которая использовалась в качестве

локатора точного измерения координат цели. Для этой РЛС потребовалось создание и ввод в состав ЭВМ М-4 дополнительного устройства первичной обработки информации (УПО). Техническое задание на УПО разработано М. А. Карцевым (ИНЭУМ), В. С. Кельзоном, Ю. В. Очиным (РТИ) и утверждено И. С. Бруком и А. Л. Минцем в январе 1961 г. Для выполнения этой работы в спецлаборатории № 2 была образована группа из четырех инженеров. Возглавить работу М. А. Карцев поручил Ю. В. Рогачеву. Была создана принципиально новая система логических элементов, основу которой составляли инвертор-формирователь уровней, построенный по принципу переключения тока, и многоступенная диодная логическая схема. Функциональная схема УПО предусматривала наличие широкоформатных регистров, которые обеспечивали параллельную обработку до 16 радиолокационных сигналов. По дополнительному соглашению Загорский электромеханический завод изготовил это устройство и в марте 1962 г. поставил его в ИНЭУМ. В июле 1962 г. успешно завершилась автономная настройка УПО и началась комплексная стыковка со вторым комплектом машины, получившим обозначение ЭВМ М-4М. В конце 1962 г. ЭВМ М-4М также была отправлена на объект для совместной работы с РЛС ЦСС-30.

Машина М-5, в создание которой Карцев также внес много новых технических решений, была изготовлена Минским заводом имени Орджоникидзе в 1961 г. в единственном экземпляре и, к сожалению, не получила дальнейшего развития по причинам организационного характера. Она несколько лет находилась в опытной эксплуатации в ИНЭУМе. Впоследствии машина была разобрана, и ее электронное оборудование выставлено на продажу в магазине «Пионер». Судьбы двух последних разработок М. А. Карцева — универсальной ЭВМ М-5 и машины специального назначения ЭВМ М-4 — ясно показали Карцеву, какое направление сможет надежнее обеспечить возможности успешного проведения дальнейших работ по развитию вычислительной техники. Решение о запуске ЭВМ М-4 в серийное производство открывало эти возможности.

С учетом результатов совместных испытаний РЛС ЦСОП и ЭВМ М-4 в Радиотехническом институте началась разработка РЛС «Днестр» радиолокационных узлов ОС1 и ОС2 для обнаружения спутников и РЛС «ДнестрМ» для радиолокационных узлов раннего обнаружения ракет РО-1 и РО-2, входящих в систему предупреждения о ракетном нападении (СПРН).

М. А. Карцев решил разрабатывать новую ЭВМ. В процессе стыковки машины М-4 с РЛС ЦСОП завязалась тесная дружба разработчиков

машины с разработчиками станции — инженерами и программистами РТИ, состоялись встречи М. А. Карцева с академиком А. Л. Минцем, с главным конструктором станции Ю. В. Поляком и другими ведущими специалистами. Обсуждение технических вопросов создания на базе таких РЛС территориальной системы обнаружения космических объектов вдоль границ Советского Союза затрагивало и требования к вычислительным средствам. Отлично разбираясь в радиолокации, в совершенстве владея математикой, М. А. Карцев понимал, что технические возможности машины М-4 по производительности, объемам памяти и другим характеристикам не смогут в полной мере обеспечить решение всего круга задач такой радиолокационной системы. Уже тогда он обдумывал структуру и технические характеристики новой вычислительной машины. Чтобы не терять время и надежно сохранить свое участие в этом проекте, он решил по возвращению в Москву приступить к разработке новой машины — ЭВМ М-8. Он подготовил проект технического задания на эту ЭВМ. Проектом ТЗ предусматривалось быстроедействие машины не менее 100 тыс. оп/с, возможность наращивания объемов внутренней памяти при использовании машины на командных пунктах разных уровней системы, возможность построения многомашинных вычислительных комплексов для обеспечения непрерывной круглосуточной работы системы и целый ряд других специальных требований, которых не было в ТЗ на М-4. Вернувшись в Москву после завершения испытаний, М. А. Карцев обсудил ряд технических и организационных вопросов со специалистами лаборатории. Он обосновал необходимость разработки новой машины, ознакомил с предлагаемой ее архитектурой и указал ряд технических вопросов, которые предстоит решить для обеспечения запуска новой машины в серийное производство без изготовления опытного образца. Коллектив лаборатории с энтузиазмом поддерживал это предложение.

В сентябре работа шла уже полным ходом. Карцев был уверен в успешном завершении работ. Некоторые сомнения вызывала формальная сторона: запуск в серийное производство машины без изготовления опытного образца. Чтобы выяснить реакцию завода по этому вопросу, он решил встретиться с главным инженером ЗЭМЗ А. Г. Шишиловым (рис. 1.5). На этой встрече он проинформировал Анатолия Григорьевича о готовящемся постановлении правительства по созданию системы контроля космического пространства, в которое включается пункт о серийном производстве ЭВМ М-4. В ИНЭУМе АН СССР началась доработка конструкторской документации этой машины с целью



Рис. 1.5. А. Г. Шишилов

Анатолий Григорьевич Шишилов начал работу на Загорском электромеханическом заводе в 1947 г. 32 года (1958–1990 гг.) — бессменный главный инженер завода. Способный организатор и умелый руководитель. Под его непосредственным руководством проведена большая работа по техническому перевооружению завода — флагмана производства ЭВМ специального назначения. Все разработки главного конструктора М. А. Карцева получили путевку в жизнь при активном участии А. Г. Шишилова. Дважды лауреат Государственной премии СССР. Одна из этих премий присуждена за освоение серийного производства ЭВМ М-10.

повышения ее эксплуатационных характеристик, технологичности ее изготовления и настройки, надежности в работе. А. Г. Шишилов с пониманием отнесся к этой информации и пообещал направить в институт для предварительного знакомства с новой работой опытных конструкторов. Такое отношение завода к работе обнадеживало. А. Г. Шишилов был бессменным главным инженером Загорского электромеханического завода с 1958-го до декабря 1990 г. Все поколения вычислительных машин главного конструктора М. А. Карцева осваивались серийным производством на ЗЭМЗе под его руководством. Тесное сотрудничество специалистов ОКБ завода с разработчиками уже в процессе проектирования

обеспечивало успешное внедрение в серийное производство машин без изготовления их опытных или экспериментальных образцов.

К концу октября 1962 года были решены основные конструктивные вопросы, была завершена разработка электрических схем системы элементов. Все электронные схемы размещены на ячейках, конструктивно оформленных в виде унифицированных односторонних печатных плат с навесным монтажом. Ячейки содержали функционально законченные элементы схемы, являясь некоторым подобием будущих микросхем в ЭВМ третьего поколения.

В ноябре 1962 г. постановление правительства о серийном производстве ЭВМ М-4 было принято. Главным конструктором назначался М. А. Карцев. Серийное производство возлагалось на Загорский электромеханический завод (ЗЭМЗ). Устанавливался срок начала серийного производства машины – 1964 г.

Наступило время активных действий М. А. Карцева в решении вопроса о запуске в серийное производство новой машины. Директор ИНЭУМ И. С. Брук возражал против этого решения, опасаясь срыва сроков разработки. Академик А. Л. Минц и главный конструктор РЛС Ю. В. Поляк решительно поддерживали. Представителям МО генералам М. Г. Мырину и М. И. Ненашеву М. А. Карцев показал, что запускать в серию ЭВМ М-4 в таком виде и с такими характеристиками нельзя. Ее элементная база построена на устаревших транзисторах с низкими техническими характеристиками, а за период с 1957 по 1962 г. полупроводниковая техника сделала такой скачок, который позволяет создать элементную базу со значительно более высокими характеристиками. К настоящему времени в спецлаборатории № 2 уже создана новая система элементов, которая использует новейшие достижения электронной техники и гарантирует обеспечение быстродействия машины не менее 100 тыс. оп/с. В лаборатории развернуты работы по проектированию устройств машины.

Эта информация была принята к сведению.

14 марта 1963 г. было утверждено техническое задание на разработку ЭВМ М4-2М. Утвердили это новое ТЗ И. С. Брук, А. Л. Минц и заказчик от МО К. А. Трусов. Заказчик присвоил этой машине обозначение «5Э71». В апреле 1963 г. распоряжением Комиссии по военно-промышленным вопросам (ВПК) в развитие ранее принятого постановления правительства ИНЭУМу поручалась разработка ЭВМ М4-2М, а Загорскому заводу – ее серийное производство. Так очередная ЭВМ ИНЭУМ вместо порядкового номера 8 получила двузначное обозна-

чение, что подчеркивало ее родственную связь с ЭВМ М-4. Главным конструктором назначался М. А. Карцев, заместителями главного конструктора – Ю. В. Рогачев, Л. В. Иванов и Р. П. Шидловский. Основные разработчики: Л. З. Либуркин, Г. И. Танетов, В. А. Брик, В. М. Емелин, Г. М. Кабаенкова, С. А. Лебедев, Б. Л. Квин, Е. С. Шерихов, Е. И. Цибуль, В. В. Грязнов. Разработка программного обеспечения проводилась под руководством Е. В. Гливенко.

В этом же месяце на завод были направлены полные комплекты конструкторской документации на два первых устройства. Завод сразу же приступил к подготовке производства. Полный комплект конструкторской документации на машину в целом завод получил в августе 1963 г.

Первый образец машины был поставлен под настройку и комплексную стыковку в сентябре 1964 г. За два месяца разработчики института и инженеры ОКБ завода завершили автономную настройку устройств, их стыковку и комплексную отладку машины в целом. Это подтверждало высокую технологичность изготовления и настройки устройств и всей машины. В начале ноября 1964 г. ЭВМ М4-2М успешно выдержала приемо-сдаточные испытания и была принята заказчиком. Представитель заказывающего управления В. Н. Байбаков, принимавший участие в приемке машины, заявил, что впервые в его практике так блестяще прошла сдача машины с первого предъявления.

К концу 1964 г. еще шесть комплектов машин М4-2М (мод. 5Э71) были приняты заказчиком и отгружены к местам постоянной эксплуатации для построения вычислительных комплексов на РЛС «Днестр» радиолокационных узлов обнаружения искусственных спутников земли ОС-1 и ОС-2. Эти радиолокационные узлы обеспечивали информацией о спутниках систему «ИС», которая создавалась под руководством главного конструктора А. И. Савина и предназначалась для «истребления» опасных военных спутников.

К этому времени в РТИ была разработана модернизированная радиолокационная станция «ДнестрМ» для узлов раннего обнаружения РО-1 и РО-2 СПРН.

23 сентября 1964 г., когда уже было ясно, что серийное производство М4-2М началось успешно, было утверждено дополнительное техническое задание на расширение возможностей использования М4-2М в вычислительной сети СПРН. Предусматривалась доработка КД на ЭВМ М4-2М с увеличенными объемами внутренней памяти (мод. 5Э72 и 5Э73), разработка системы внешних устройств (СВУ 79-1) для построения вычислительных комплексов КП радиолокационных узлов ОС и

РО, разработка системы внешних устройств (СВУ 79-2) и внешнего вычислителя — ЭВМ М4-3М (мод. 5Э79) для вычислительного комплекса Командного пункта СПРН.

В 1965–1966 гг. на всех радиолокационных узлах (ОС-1 в Иркутске, ОС-2 в Казахской ССР, РО-1 в Мурманске и РО-2 в Риге) выполнялись работы по вводу в эксплуатацию вычислительных машин, их стыковке с радиолокационными станциями и отладке программ.

В это же время в институте шла разработка систем внешних устройств, предназначенных для объединения всех вычислительных машин в единую вычислительную сеть. Конструкторская документация на устройства внешнего вычислителя и систем внешних устройств заводу-изготовителю передавалась последовательно и была завершена в октябре 1966 г. В 1967 г. Загорский электромеханический завод изготовил и поставил на объекты с приемкой заказчика все устройства для комплексной стыковки.

Взросший объем работ вызвал увеличение численности сотрудников, и на базе спецлаборатории № 2 под руководством М. А. Карцева был образован отдел специальных разработок, в состав которого вошло 5 лабораторий: № 2, 3, 4, 5 и 6 (руководители лабораторий Ю. В. Рогачев, Л. В. Иванов, Р. П. Шидловский, Ю. Н. Мельник, Е. В. Гливенко).

Начинался завершающий этап ввода в эксплуатацию вычислительных средств в системе предупреждения о ракетном нападении и контроля космического пространства. Основной состав научных сотрудников, инженеров, программистов и техников находился на объектах. Карцев лично принимал активное участие в этих работах. Он часто выезжал на объекты. На радиолокационных узлах в Казахстане и в Восточной Сибири ставились на дежурство в составе РЛС «Днестр» ЭВМ модификации 5Э71. Командные пункты этих узлов оснащались вычислительными машинами модификации 5Э72 и системами внешних устройств СВУ-79-1. В Прибалтике и в Заполярье в составе радиолокационных станций «ДнестрМ» вводились в эксплуатацию ЭВМ 5Э72. Участвовали разработчики ЭВМ на этих объектах и в отладке рабочих программ РЛС. На командном пункте СПРН в Подмоскovie отрабатывалось взаимодействие ЭВМ 5Э73 с внешним вычислителем М4-3М и системой СВУ-79-2 в режиме приема информации от радиолокационных узлов и выдачи результатов ее обработки на устройства отображения.

В 1966 г. головная РЛС «Днестр» с вычислительным комплексом из трех ЭВМ М4-2М (мод. 5Э71) была принята на вооружение и поставлена на дежурство. Большая группа активных участников создания РЛС «Днестр» удостоилась присуждения Государственной премии СССР. М. А. Карцев также был среди лауреатов этой премии.

В конце 1968 г. начались первые испытания «треугольника» в составе узлов РО-1, РО-2 и КП СПРН на северозападном ракетноопасном направлении. В 1969 г. были закончены все работы по созданию этого «треугольника». Успешно выдержал государственные испытания вычислительный комплекс командного пункта СПРН. В 1970 году треугольник был поставлен на боевое дежурство.

В 1971 г. было осуществлено информационное подключение к командному пункту СПРН радиолокационных узлов ОС-1 и ОС-2. Эти узлы позволяли контролировать возможные пуски баллистических ракет на юго-восточном, южном и юго-западном направлениях. В таком составе первая очередь СПРН в 1971 г. была принята на вооружение и поставлена на непрерывное круглосуточное боевое дежурство. В 1973 г. был дополнительно подключен к КП СПРН и радиолокационный узел РО-3. Так был завершен первый этап создания системы предупреждения о ракетном нападении (рис. 1.6). На пяти радиолокационных узлах и командном пункте системы с 1965 по 1973 г. было введено в эксплуатацию свыше 50 ЭВМ М4-2М и М4-3М, соединенных каналами передачи данных длиной в десятки тысяч километров в единую вычислительную сеть.

Об этом этапе командующий войсками ПРО и ПКО генерал-полковник Ю. В. Вотинцев (рис. 1.7) писал: *«...В нашей стране разработка и создание надгоризонтных РЛС для предупреждения о ракетном нападении и контроля космического пространства выполнялись в Научно-исследовательском радиотехническом институте Академии наук СССР под руководством академика А. Л. Минца (главный конструктор — Ю. В. Поляк). Первые станции “Днестр” были развернуты в Казахстане и Сибири. В совокупности они образовали сплошной радиолокационный барьер протяженностью 5 тыс. км, который обеспечивал точное обнаружение и сопровождение космических объектов.*

Одновременно начиная с 1961 года в этом же институте разрабатывалась модернизированная РЛС надгоризонтного обнаружения “Днестр-М” и проект головного комплекса системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) на основном северном ракетном направлении (с территории США) с размещением этих станций в районах Заполярья, Латвии и командного пункта в Подмоскowie... Управление работой радиолокационных станций и обработка информации на всех уровнях вычислительной сети СПРН обеспечивались вычислительными машинами серии М4-2М главного конструктора Михаила Александровича Карцева...»

Триумфальное завершение работ по поколению М-4 позволило М. А. Карцеву защитить докторскую диссертацию, получить Государ-

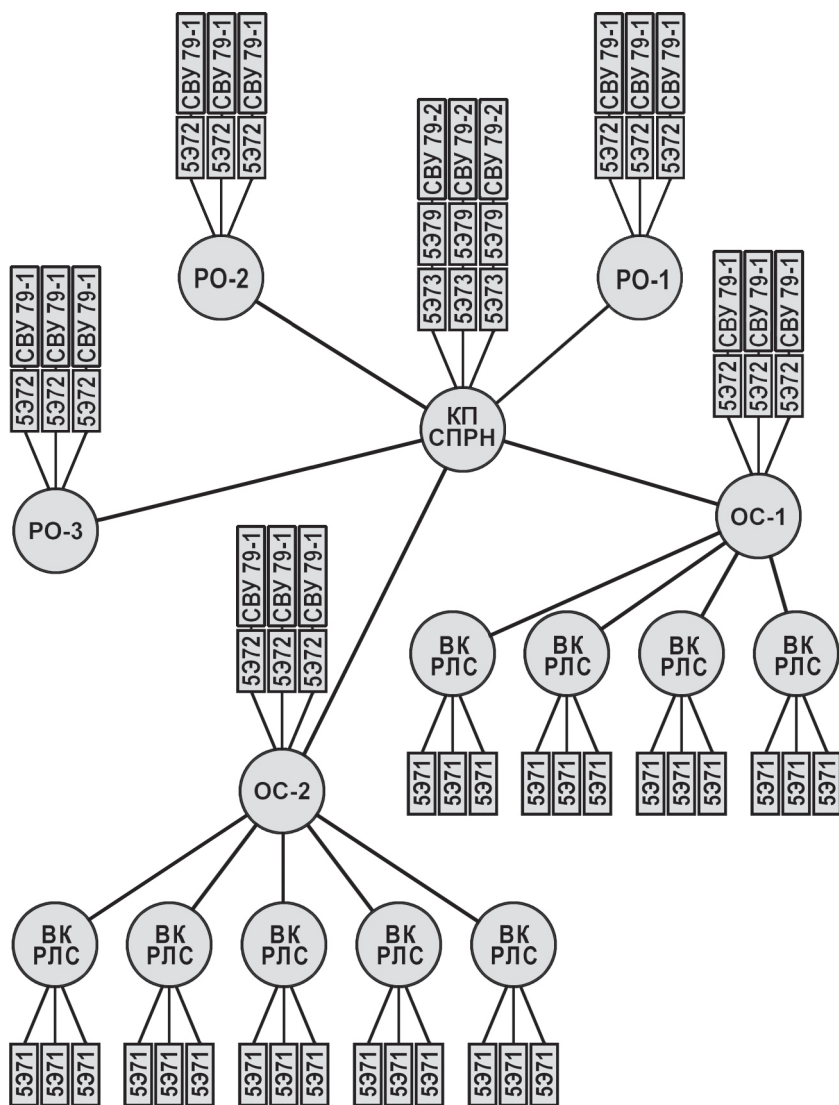


Рис. 1.6. Вычислительная сеть первой очереди СПРН

ственную премию и стать директором научного предприятия, образованного в августе 1967 г.

В 1965 г., когда серийное производство ЭВМ М4-2М на заводе и ввод машин в эксплуатацию продвигались успешно, у Карцева появи-



Рис. 1.7. Ю. В. Вотинцев

Юрий Всеволодович Вотинцев — первый Командующий Войсками противоракетной и противокосмической обороны, член Военного совета войск ПВО, генерал-полковник. Герой Социалистического Труда.

лось больше возможностей выделять время для научных исследований. Опираясь на опыт предыдущих разработок, анализируя алгоритмы задач управления и обработки информации РЛС, он одновременно с работами по ЭВМ М4-2М проводил и исследования по дальнейшему развитию архитектуры ЭВМ, целью которых были поиски возможностей повышения их производительности. Он понимал, что дальнейшее значительное повышение производительности даже при увеличении быстродействия элементов на ЭВМ со структурой, ставшей к этому времени традиционной, будет проблематичным из-за ограниченной скорости распространения электрических сигналов. Многопроцессорная структура вычислительной системы, которая может обеспечить одновременное (параллельное) решение отдельных частей задачи, — вот реальная возможность получить более высокую производительность, чем может

обеспечить обычная вычислительная машина при одинаковом уровне элементной базы. Он показал четыре вида возможностей распараллеливания вычислений и определил для каждого вида возможную аппаратную реализацию. Особо крупные задачи, которые, как правило, и требуют высокой производительности вычислительных средств, обладают обычно в той или иной степени всеми видами параллелизма. Поэтому наиболее универсальный путь создания вычислительных систем с максимально возможной производительностью представляют многопроцессорные комбинированные вычислительные системы.

Завершающим этапом этих исследований была разработка проекта «Октябрь». Этот проект предполагал создание большого комплекса электронных вычислительных средств, в том числе для обработки больших потоков радиолокационной информации. Основу проекта «Октябрь» составлял вычислительный комплекс М-9, способный обеспечить производительность в 1 млрд оп/с, применяя методы распараллеливания вычислений на всех четырех уровнях решения задачи. Идеи этого проекта уходили за горизонты третьего и четвертого поколений вычислительной техники.

В марте 1967 г. М. А. Карцев выступил с сообщением на симпозиуме по вычислительным системам и средам в Сибирском отделении Академии наук СССР в Новосибирске, в котором подробно изложил не только идеи, но также многие технические решения создания такого вычислительного комплекса. Некоторые из этих идей показаны в статье Е. В. Гливенко, помещенной в настоящем сборнике. Для того времени это было смелое выступление.

Идеей создания вычислительного комплекса М-9 заинтересовался генеральный конструктор системы ПРО член-корреспондент АН СССР Г. В. Кисунько (рис. 1.8), который решил использовать этот вычислительный комплекс в проекте комплексной системы ПРО «Аврора».

В апреле 1967 г. состоялось совещание у заместителя председателя ВПК Л. И. Горшкова, на котором рассматривалось это решение Г. В. Кисунько. Присутствовал на этом совещании и академик С. А. Лебедев — главный конструктор вычислительных средств системы ПРО (рис. 1.9).

В процессе обсуждения С. А. Лебедеву было предложено также высказать свое мнение по М-9. Сергей Алексеевич воздержался давать конкретную оценку идее многопроцессорных вычислительных систем, сославшись на то, что сейчас у нас, в СССР, такие разработки неизвестны, но подтвердил, что на Западе что-то подобное делается, и назвал систему «СОЛОМОН». Это не было активной поддержкой ВК М-9, но прямо и не отрицалась возможность создания такого комплекса.



Рис. 1.8. Г. В. Кисунько

Григорий Васильевич Кисунько — член-корреспондент АН СССР, директор ОКБ «Вымпел», Герой Социалистического Труда.



Рис. 1.9. С. А. Лебедев

Сергей Алексеевич Лебедев — академик АН СССР, директор ИТМ и ВТ, Герой Социалистического Труда.

3 мая 1967 г. вышло постановление правительства о передаче отдела спецразработок из ИНЭУМа в Министерство радиопромышленности. В августе того же года приказом Министра радиопромышленности на базе отдела спецразработок был образован Филиал № 1 ОКБ «Вымпел» Г. В. Кисунько. М. А. Карцев назначался директором этого Филиала.

В августе 1967 г. была завершена разработка эскизного проекта ВК М-9, вошедшего в состав основного эскизного проекта системы ПРО «Аврора», к разработке которого коллектив М. А. Карцева приступил сразу же после выхода постановления правительства.

Для рассмотрения новых проектов системы ПРО была создана межведомственная комиссия под председательством командующего войсками ПРО генерал-полковника Ю. В. Вотинцева. В октябре 1967 г. этой комиссией все представленные проекты были отклонены, в том числе и основной комплексный проект генерального конструктора Г. В. Кисунько на систему ПРО «Аврора». Таким образом, отпадала потребность в вычислительном комплексе М-9, и работы по его созданию приостанавливались.

Это поставило коллектив М. А. Карцева в трудное положение, задержав на несколько лет процесс материально-технического укрепления Филиала № 1 ОКБ «Вымпел». Отсутствие собственных производственных площадей, острая нехватка оборудования, полное отсутствие множительной техники создавало трудности в работе. Но трудовой порыв коллектива не снизился, что и подтверждал ход выполнения работ по вводу в эксплуатацию первой очереди СПРН.

В 1968 г. в Радиотехническом институте АН СССР начинается проект сплошного непрерывного поля надгоризонтного обнаружения космических объектов. Это требует расширения возможностей командного пункта системы. Готовится проект его дальнейшего развития. Тогда же А. Л. Минц и В. М. Иванцов начали работать над принципиально новой станцией надгоризонтной радиолокации «Дарьял». М. А. Карцев был в курсе этих работ: основные технические требования к ЭВМ для них определялись с его участием. Требовалось создать вычислительный комплекс с вычислительными машинами производительностью в несколько миллионов операций в секунду.

29 сентября 1969 г. вышло постановление правительства с поручением Филиалу № 1 ОКБ «Вымпел» создать для работ А. Л. Минца вычислительную машину и построить на ее основе специализированный вычислительный комплекс. Главным конструктором назначался М. А. Карцев, заместителями главного конструктора — Л. В. Иванов, А. Ю. Карасик,

А. А. Крупский, Л. Я. Миллер, Ю. В. Рогачев, Р. П. Шидловский. Изготовление машины возлагалось на Загорский электромеханический завод. Заместителем главного конструктора по серийному производству на заводе был назначен А. Г. Мищенко, а с 1973 г. — В. А. Мушников. М. А. Карцев ясно представлял, что на существующей элементной базе обеспечить заданную производительность сможет только многопроцессорная ЭВМ с организацией при решении задач параллельных вычислений. Поэтому в основу разработки новой ЭВМ были положены принципы построения числовой связки вычислительного комплекса М-9. Таким образом, теоретические исследования и практические разработки, выполненные для ВК М-9, нашли свое воплощение в этой новой ЭВМ. В коллективе машина получила очередной номер и название М-10, а вычислительный комплекс — обозначение ВК-11.

ЭВМ М-10 содержала классическую архитектуру **универсальной** вычислительной машины, способной обеспечить решение широкого круга задач. Для построения на ее основе специализированных вычислительных комплексов потребуется только разработка необходимого специального устройства сопряжения. Заказчик присвоил машине условное обозначение 5Э66, вычислительному комплексу — 5К31. Для стыковки ЭВМ М-10 с аппаратурой объекта в состав вычислительного комплекса 5К31 включалось специальное устройство сопряжения — 5Я34.

Перед создателями машины М-10 была поставлена довольно сложная задача: имея микросхемы серии 217 со скоростью срабатывания порядка 15–25 нс на клапан и степенью интеграции до 3–5 клапанов в корпусе и ферритовые сердечники М100П2 с внешним диаметром 1 мм (лучшие из логических элементов и элементов запоминания, выпускавшихся в стране к тому времени), нужно было построить ЭВМ с возможно более высоким быстродействием (в среднем не менее 5 млн оп/с, имея в виду как операции над 16-разрядными числами, так и операции над 32-разрядными и 64-разрядными числами с плавающей и фиксированной запятыми), с внутренней памятью не менее 5 Мбайт, скоростью внешнего обмена не менее 500 млн бит, скоростями реакции на внешние сигналы при работе в реальном масштабе времени порядка 10–20 мкс и высокой надежностью.

В феврале 1970 г. Филиал № 1 ОКБ «Вымпел» был преобразован в Филиал РТИ. 4 февраля 1971 г., уже в процессе выпуска конструкторской документации на устройства ЭВМ М-10, вышло еще одно постановление правительства — о создании на базе вычислительной машины М-10 вычислительного комплекса 5Э52, предназначенного для обработки информации космической системы обнаружения стартов баллисти-



Рис. 1.10. А. И. Савин

Анатолий Иванович Савин — академик, директор ЦНИИ «Комета», Герой Социалистического Труда.

ческих ракет по их факелам — системы УСК (генеральный конструктор А. И. Савин) (рис. 1.10).

Так в самом начале разработки вычислительная машина М-10 определялась как основная ЭВМ в двух важнейших системах.

Разработка конструкторской документации осуществлялась в невероятно трудных условиях. При переходе в Министерство радиопромышленности коллектив получил в аренду для размещения сотрудников всего 590 квадратных метров производственных площадей. Аренда нескольких полуподвальных помещений в разных местах Москвы не решала всех проблем. К чисто бытовой неустроенности (теснота в помещениях, территориальная разобщенность подразделений при отсутствии своего транспорта) прибавились трудности с оформлением конструкторской документации из-за полного отсутствия множительной техники: за три года существования Филиалу № 1 в МРП не было выделено ни одной единицы оборудования. Приходилось за помощью обращаться в сторонние организации, однако по режимным соображениям такие возможности были ограничены.

В начале марта 1971 г., в самый разгар работ по выпуску конструкторской документации, М. А. Карцев выбывает из работы: обширный инфаркт укладывает его в больницу. Сказалось огромное напряжение в работе последних лет.

В этих трудных условиях весь коллектив, не снижая темпов, самоотверженно продолжает начатое дело и успешно доводит его до конца. Проявилась зрелость коллектива, в создание которого Карцев вложил чуткость руководителя, требовательность организатора и талант воспитателя. Всего один год и девять месяцев потребовалось для разработки конструкторской документации на все устройства машины: основной комплект конструкторской документации завод получил в конце 1971 г. и сразу же приступил к изготовлению головного образца машины.

Для авторского сопровождения производства М-10 на завод направлялась группа ведущих специалистов — конструкторов и разработчиков устройств машины. Возглавлял группу Р. П. Шидловский. Состав группы определялся этапом работ: на этапе освоения конструкции и технологии привлекались ведущие специалисты конструкторского отдела (Е. И. Цибуль, В. В. Грязнов, А. И. Дементьев, Р. Н. Ермакова и др.), на этапе настройки и испытаний привлекались ведущие разработчики устройств.

С высокой ответственностью к изготовлению ЭВМ М-10 относилось и руководство Загорского электромеханического завода. Большой вклад в освоение производством этой машины внесли: В. Г. Попов, А. Г. Шишилов, К. В. Агафонов, В. М. Нейман, Л. И. Борисов, И. И. Наумов, А. И. Голубев, Ю. Н. Успенский, В. Н. Пахомов, А. В. Двойных, В. А. Мушников, В. С. Мухтарулин, А. Г. Мищенко, Н. И. Кулигин, Е. А. Лопатин, Г. И. Корнилов, Н. Снетков и др.

В 1972 г. завод поставил в РТИ все устройства головного образца для автономной настройки и комплексной стыковки. Комплексная стыковка завершилась демонстрацией устойчивой работы машины по функциональным тестам и проведением в ноябре 1973 г. испытаний на соответствие требованиям технических условий. Это была крупная победа, подтверждающая правильность идеи научно-технических решений главного конструктора М. А. Карцева и всех разработчиков. Успешно продвигалась и отладка математического обеспечения многопроцессорной вычислительной машины — первой версии операционной системы.

В 1972 г. главным конструктором СПРН назначается В. Г. Репин (рис. 1.11). Под его руководством был разработан и одобрен эскизный проект комплексной СПРН. В нем осуществлялась увязка и распределение требований к характеристикам надгоризонтных, загоризонтных и космических средств предупреждения, определялись принципы объединения и взаимного контроля их данных, правила формирования и выдачи выходной информации вычислительным комплексом 5К31 на КП СПРН.



Рис. 1.11. В. Г. Репин

Владислав Георгиевич Репин — начальник СКБ-1 НТЦ ЦНПО «Вымпел». Первый (1970—1987 гг.) главный конструктор Системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) и Системы контроля космического пространства (СККП), Герой Социалистического Труда.

В сентябре 1973 г. завершилась поставка на объект для командного пункта СПРН всех устройств первого серийного образца машины М-10.

Начинался этап ввода машин в эксплуатацию и построение вычислительных комплексов на местах их постоянной дислокации. Вместе с работниками машины активное участие в этих работах на всех объектах принимали специалисты ОКБ ЗЭМЗ и Головного производственно-технологического предприятия (ГПТП). Работы по вводу в эксплуатацию этой первой машины продвигались успешно. В декабре того же года машина в комплексе устойчиво работала по функциональным тестам. Первый комплект ЭВМ М-10 из состава вычислительного комплекса 5К31 вместе с математическим обеспечением прошел испытания на соответствие требованиям технических условий в феврале 1974 г.

На КП СПРН началась опытная эксплуатация М-10. На ней велась отладка рабочих программ СПРН программистами НТЦ ЦНПО «Вымпел», отладка математического обеспечения машины программистами Филиала РТИ под руководством доктора технических наук Е. В. Гливенко, стыковка с аппаратурой объекта. Одновременно шла активная рабо-

та по вводу в эксплуатацию следующих комплектов ЭВМ и объединение их в вычислительный комплекс.

Самоотверженная работа коллективов позволила к концу 1975 г. вплотную подойти к завершающему этапу — государственным испытаниям: в 1976 г. в составе объекта ЭВМ М10 и вычислительный комплекс 5К31 успешно выдержали государственные испытания.

Объем работ по построению на базе ЭВМ М-10 новых вычислительных комплексов расширялся. Реализация комплексного проекта СПРН требовала практически одновременной поставки ЭВМ М-10 на все объекты: на командный пункт всей системы, на наземный командный пункт УСК, на радиолокационные узлы с РЛС «Дарьял». Первый заместитель Министра радиопромышленности П. С. Плешаков (рис. 1.12) организовал кооперацию заводов, способную обеспечить установленные сроки изготовления и ввода в эксплуатацию ЭВМ М-10 на все объекты СПРН. Было образовано Производственное объединение «Звезда»: к главному Загорскому электромеханическому заводу подключались Кировский приборостроительный завод, Костромской электромеханический завод,



Рис. 1.12. П. С. Плешаков

Петр Степанович Плешаков — член ЦК КПСС, депутат Верховного Совета СССР, генерал-полковник, Министр радиопромышленности СССР (1974–1987 годы), выдающийся государственный деятель, крупный организатор советской промышленности. Герой Социалистического Труда.

Волжский завод вычислительной техники, Симферопольский телевизионный завод.

В начале 1974 г. завершилась поставка всех устройств машины М-10 и устройства сопряжения 5Я35 на наземный командный пункт системы УСК. Развернулась активная работа по вводу в эксплуатацию этого вычислительного комплекса 5Э52.

Чтобы изготовить, смонтировать, настроить аппаратуру, отработать штатную программу вычислительных средств системы УС-К, потребовалось два с половиной года. В 1976 г. все средства системы УС-К, в том числе и вычислительный комплекс 5Э52, были готовы к летным испытаниям (рис. 1.13).

Информация наблюдения с космического аппарата по радиолинии сбрасывается на наземный командный пункт, который ее принимает, обрабатывает на предмет обнаружения стартовавших баллистических ракет и в виде типового сообщения передается на КП СПРН.

В 1975 г. началась поставка ЭВМ М-10 вычислительного комплекса 6ЗИ6 для РЛС «Дарьял».

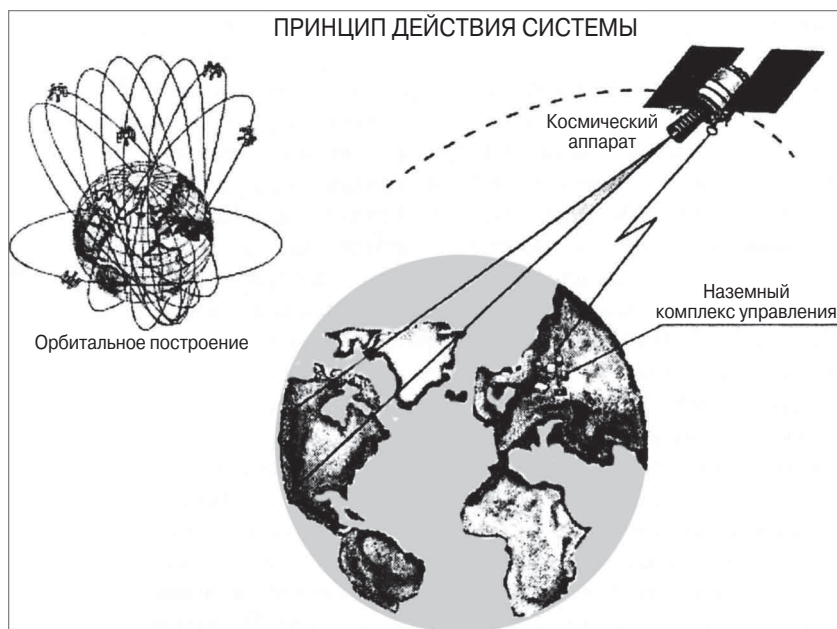


Рис. 1.13. Принцип действия системы УС-К

Так разработанная главным конструктором М. А. Карцевым концепция многопроцессорной структуры вычислительной системы показала свое преимущество и получила подтверждение в ЭВМ М-10. В течение нескольких лет ЭВМ М-10 обладала наивысшими производительностью, емкостью внутренней памяти и пропускной способностью мультиплексного канала, достигнутыми в СССР. Впервые в мире в ней был реализован ряд новых прогрессивных решений, в том числе предусмотрена возможность синхронного комплексирования до семи ЭВМ при прямом (минуя мультиплексный канал) обмене информацией между программами отдельных машин и динамическом разделении оборудования. В состав машины введен второй уровень внутренней памяти емкостью более 4 Мбайт с произвольным доступом, обеспечен внешний обмен с обоими уровнями внутренней памяти.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР группе участников создания ЭВМ М-10 присуждена Государственная премия СССР. В числе удостоенных звания лауреатов Государственной премии были: от НИИВК заместители главного конструктора Л. В. Иванов, А. Ю. Карасик, А. А. Крупский, Л. Я. Миллер, Ю. В. Рогачев, Р. П. Шидловский, от НТЦ ЦНПО «Вымпел» Л. П. Акимов, от ЗЭМЗа А. Г. Шишилов и В. А. Мушников, от ГПТП И. Н. Ярыгин, от заказчика А. В. Гармато и И. М. Саввин. М. А. Карцев был награжден орденом Ленина. Значительной группе разработчиков аппаратуры и программистов также были вручены правительственные награды.

Успехи в работе по созданию ЭВМ М-10 способствовали и дальнейшему развитию материально-технической базы коллектива М. А. Карцева. Во второй половине 1973 г. началось строительство лабораторного корпуса на улице Академика Волгина (рис. 1.14). В декабре 1974 г. первая очередь строительства была завершена — введено в эксплуатацию около 2000 квадратных метров производственных площадей. В начале 1975 г. ведущие подразделения и службы разместились в собственном здании. Полностью строительство завершилось в 1975 г. Налаживалось обеспечение современным технологическим оборудованием.

Наличие в составе основных фондов собственных производственных площадей позволило привести в соответствие с реальным положением и статусом коллектива: являясь с 1967 г. фактически самостоятельным предприятием, этот коллектив значился как филиал — сначала Филиал № 1 ОКБ «Вымпел», а затем как Филиал РТИ. Объяснялось это отсутствием собственных производственных площадей (личный состав и службы Филиала размещались в четырех арендованных помещениях,



Рис. 1.14. Лабораторный корпус на улице Академика Волгина

расположенных в разных районах Москвы). Оценивая значительный вклад коллектива в развитие вычислительной техники, Комиссия Совета Министров СССР (ВПК) решением от 2 июля 1975 года преобразовала Филиал РТИ в научно-исследовательский институт и присвоила ему официальное наименование «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов» (НИИВК).

В 1975 г. была произведена модернизация ЭВМ М10: появились возможности создания новых внутренних запоминающих устройств с повышенной плотностью хранения. Комиссия Совета Министров СССР (ВПК) своим решением от 4 сентября 1974 г. поддержала предложение главного конструктора М. А. Карцева о проведении разработки новых запоминающих устройств для ЭВМ М10М с целью сокращения ее оборудования. С 1976 г. ЗЭМЗ начал поставлять ЭВМ М-10М. Она стала первой вычислительной машиной, которую институт получил в свое собственное распоряжение. Доукомплектованная устройствами ДКС, АБ1 и УН, она явилась основой моделирующего стенда института. Наличие ЭВМ с такими техническими характеристиками и объемами памяти дало возможность решить ряд крупных научных задач, разработать и отладить несколько версий операционных систем математического обеспечения, создать программы автоматизации проектирования.

Возросшая численность коллектива, ввод в эксплуатацию моделирующего стенда, оснащение института современным технологическим оборудованием потребовали расширения производственных площадей. В 1981 г. началось проектирование, а в 1982-м — строительство лабораторного корпуса на Профсоюзной улице (рис. 1.15). С завершением



Рис. 1.15. Лабораторный корпус на Профсоюзной улице

строительства в 1985 г. все проблемы НИИВК с производственными площадями были решены.

На базе ЭВМ М-10М был построен целый ряд вычислительных комплексов: кроме рассмотренных выше вычислительных комплексов 5К31, 5Э52, 63И6 и моделирующего стенда НИИВК, было дополнительно создано и введено в эксплуатацию пять типов вычислительных комплексов:

- СВ 65И5 для РЛС 5Н20-П (1977 г.);
- ВК 68И6 для РЛС «Дарьял» (1978 г.);
- ВК 17Л6 для ЗКП СПРН (1978–1983 гг.);
- ВК 70И6 для НИЦ МО (1983 г.);
- ВК 76И6 для НИЦ МО (1983 г.).

Вычислительные комплексы, построенные на базе ЭВМ М-10 и М-10М, составили основу вычислительной сети второго этапа развития СПРН. На схеме размещения РЛС системы предупреждения о ракетном нападении (рис. 1.16), опубликованной в газете «Правда» от 1 апреля 1990 г., показаны радиолокационные узлы с секторами их активного действия. В обработке информации этих узлов, а также космической системы обнаружения стартов ракет по их факелам задействовано свыше 70 вычислительных машин, разработанных коллективом НИИВК.

Оценивая вклад коллектива в развитие вычислительной техники и отмечая его заслуги в создании вычислительных комплексов для систе-



Рис. 1.16. Схема размещения РЛС СПРН

мы предупреждения о ракетном нападении, Президиум Верховного Совета СССР в 1986 году наградил НИИВК орденом Трудового Красного Знамени.

Вручая этот орден на торжественном собрании коллектива НИИВК, которое состоялось в Колонном зале Дома Союзов, Министр радиопромышленности П. С. Плешаков поздравил ученых, инженеров и техников института с высокой правительственной наградой и от своего имени поблагодарил коллектив за огромный вклад в дело развития вычислительной техники (рис. 1.17).

Вычислительные комплексы, построенные на базе ЭВМ М-10 и М-10М, целым созвездием отметили прошедший путь М. А. Карцева в развитии вычислительной технике и ярко осветили его дальнейшее направление.

М. А. Карцев стремился обеспечить доступ к использованию ЭВМ М-10 и М-10М широкого круга ученых и программистов. Он понимал, что эти машины могут принести огромную пользу в научных исследованиях при выполнении наиболее сложных научно-технических расчетов, которые в то время не могли быть выполнены ни на одной отечественной машине не только из-за более низкого быстродействия, но и из-за значительно меньшей емкости внутренней памяти. Он добился



Рис. 1.17. Вручение институту ордена Трудового Красного Знамени

разрешения на публикацию материалов об ЭВМ М-10, активно способствовал установлению связей с организациями, нуждавшимися в высокопроизводительной технике, в том числе и с институтами АН СССР. По его инициативе на машине М-10М моделирующего стенда НИИВК были проведены особо сложные научные расчеты: по механике сплошной среды (в 40–45 раз быстрее, чем на БЭСМ-6 для вариантов программы, размещающейся в ОЗУ БЭСМ-6, и в сотни раз быстрее для реальных вариантов). Впервые в мире на модели получены данные по явлению коллапса в плазме, чего не удалось сделать на СДС-7600 в США. Часть этих результатов опубликована в докладах АН СССР (т. 245, 1979, № 2, с. 309–312), в трудах XV международной конференции по явлениям в ионизированных газах (Минск, июль 1981 г.), доложена на европейской конференции в Москве осенью 1981 г.

По оценкам Института прикладной математики АН СССР быстродействие ЭВМ М-10 на 64-разрядном формате превосходит БЭСМ-6 (48 разрядов) в 3,6–4,6 раза, ЭВМ ЕС-1060 – в 3–5,6 раза, ЭВМ «Эльбрус 1-1» (48 разрядов) – в 2,4 раза.

Как значительное научное и техническое достижение отмечалась специалистами по вычислительной технике в нашей стране и за рубе-

жом архитектура ЭВМ М-10, ориентированная на распараллеливание вычислений при решении крупных задач. В сборнике «Вопросы радиоэлектроники» (Серия ЭВТ, 1993, вып. 2, с. 16) Б. А. Головкин, главный конструктор систем, информация которых обрабатывалась на машинах М-10 и М-10М в составе вычислительных комплексов 5К31 и 17Л6, о концепции машины М-10 писал: «...М. А. Карцевым предложена, насколько можно судить — впервые в мире, концепция полностью параллельной вычислительной системы — с распараллеливанием на всех четырех уровнях (программ, команд, данных, слов) и, что очень важно, эта концепция реализована в виде созданных на базе ЭВМ М-10 вычислительных комплексов.

Вклад параллельной архитектуры в повышение производительности оказался столь весомым, что при большой длительности машинного такта в 1,9 мкс (из-за несовершенной элементной базы) производительность ЭВМ М-10 на госиспытаниях оказалась 5,1 млн оп/с (в пиках значительно выше). ЭВМ М-10 вплоть до развертывания МВК “Эльбрус” оставалась наиболее мощной отечественной ЭВМ».

В журнале Computer в 1988 г. (т. 21, № 9, с. 32–41) в статье «Советские высокопроизводительные ЭВМ» П. Уолкотт и С. И. Гудмен пишут: «ЭВМ М-10 выгодно отличается своей способностью осуществлять параллельную обработку данных различных форматов за счет динамической реконфигурации процессорного комплекса, которая имеет своей целью приведение системы в соответствие с требованиями, предъявляемыми форматом тех данных, которые обрабатываются в данный момент времени».

В газете Computer World, USSR (№ 6–7, 1991, с. 5) была дана следующая оценка ЭВМ М-10: «Апофеозом... советской информатики стало создание мощного 64-разрядного векторно-конвейерного суперкомпьютера М-10...»

К концу 1977 г. уже стало ясно, что идея многопроцессорных вычислительных машин стала реальностью, а машины М-10 подтвердили ее широкие возможности. Работая над проектом вычислительной машины нового, четвертого поколения, М. А. Карцев опирался на опыт создания ЭВМ М-10 и вычислительных комплексов на ее основе. Этот опыт показывал, что структура новой машины должна быть более гибкой в организации вычислительных систем и в части комплексирования, и в части производительности, и в части сопряжения с источниками обрабатываемой информации. Такую задачу поставил перед собой М. А. Карцев, приступая к теоретической проработке вопросов построения серии программносовместимых многопроцессорных вычислительных систем М-13. К этим работам он привлекал ведущих специалистов института —

ученых, инженеров, конструкторов, программистов. В результате были выработаны основные принципы решения поставленной задачи.

Проект ЭВМ М-13 предусматривал три базовые модели: М-13/10 (малая модель), М-13/20 (средняя модель), М-13/30 (большая модель), а также ряд их модификаций, различающихся комплектностью устройств памяти, дополнительных внешних устройств и др. Системы и устройства М-13 создавались на единой элементной, конструктивной и технологической базе, объединялись общими структурными решениями и относились к четвертому поколению вычислительных средств. Все модели строились по модульному принципу, используя одну и ту же номенклатуру элементов, ячеек и блоков. Переход от малой модели к средней и большой ведется путем увеличения количества конструктивно самостоятельных единиц устройств (модулей).

В 1979 г. приказом министра П. С. Плешакова разработка ЭВМ М-13 была включена в план работы НИИВК. Этим же приказом была определена кооперация заводов-изготовителей ЭВМ М-13: Днепропетровский машиностроительный завод (ДМЗ) — головной, Южный радиозавод (ЮРЗ, Желтые Воды) — изготовитель многослойных печатных плат (МПП), ячеек и блоков, опытный завод НИИДАР (Москва) — изготовитель экспериментального образца.

В 1980 г. вышло постановление правительства о создании радиолокационной станции нового поколения «Дарьял-У» (главный конструктор А. А. Васильев). Для этой РЛС институту поручалась разработка вычислительного комплекса с использованием ЭВМ М-13. Главным конструктором утверждался М. А. Карцев. Техническим заданием на вычислительный комплекс дополнительно к ЭВМ М-13 предусматривалась разработка специального процессора для цифровой обработки сигналов — процессора обработки функций (ПОФ). М. А. Карцев принял решение включить этот процессор непосредственно в состав ЭВМ М-13.

При разработке конструкторской документации широко использовались вычислительные средства, в том числе и моделирующий стенд института. Размещение комплектующих элементов на плате, разводка монтажных соединений в многослойных печатных платах ячеек и блоков, определение координат сквозных отверстий выполнялись на ЭВМ. Машинные носители в виде перфолент передавались на заводы-изготовители для обеспечения работы станков с программным управлением при изготовлении МПП. На ЭВМ разрабатывались диагностические и контрольные тесты, программы контроля монтажа и др. Все это в значительной степени ускорило разработку и согласование конструкторской документации ЭВМ М-13 и передачу ее заводам-изготовителям.

Уже в начале 1980 г. заводы имели возможность начинать подготовку производства: документация на все типовые конструкции вместе с полным комплектом КД на ряд устройств была согласована с представителями заводов и передана этим заводам. Опытный завод НИИДАР в первой половине 1980 г. приступил к изготовлению устройств ЭВМ М-13 для экспериментального образца. На Днепровском машиностроительном и Южном радиозаводе по-настоящему к производству ЭВМ М-13 не приступили ни в 1981-м, ни в 1982-м, ни в 1983 г.

М. А. Карцев был большим оптимистом. Он всегда верил в свой коллектив и всегда был твердо убежден в успешном завершении начатых дел. Выступая в начале мая 1982 г. на торжественном собрании коллектива НИИВК, посвященном его 15-летию, он кратко осветил творческий путь коллектива, отметил трудности разработки ЭВМ М-10, отметил успешное освоение ее производством и положительные результаты Государственных испытаний. В заключение он выразил твердую уверенность в успешном освоении производством и ЭВМ М-13: *«...Нельзя сказать, что разработка М-10 была встречена с распростертыми объятиями... ..Работать нам было невероятно трудно: коллектив тогда трудился на Соколе, в Большом Власьевском переулке (в полуподвале), в полуподвале на улице Бурденко, в полуподвале на Плющихе, на Большой Почтовой улице, в полуподвале на улице Щукина и еще в нескольких местах по всей Москве... Но всегда была деловая и дружеская поддержка со стороны руководства Министерства, со стороны П. С. Плешакова, его заместителей, со стороны высших партийных органов, Госплана, военно-промышленной комиссии, со стороны дружественных предприятий и организаций. Они помогли нам работать, они помогли нам вытянуть это дело.*

И мы вытянули. Эта работа была отмечена Государственной премией. Я называл здесь Л. В. Иванова, А. Ю. Карасика, А. А. Крупского, Л. Я. Миллера, Ю. В. Рогачева, Р. П. Шидловского. Семь лауреатов Государственной премии трудятся в нашем институте. Почти каждый седьмой сотрудник нашего института отмечен высокой правительственной наградой.

Я это к чему говорю. Во-первых, для того, чтобы поблагодарить всех, кто нам помогал и помогает сейчас. А во-вторых, мне хотелось бы сказать вам, товарищи, мне хотелось бы сказать своим коллегам: нам сейчас кажется, что мы никогда не выпускали в свет такой хорошей разработки (имеется в виду ЭВМ М-13), как мы пытаемся выпустить сейчас, и что никогда так трудно не было выпустить разработку в свет, как сейчас, никогда мы не встречались с такими трудностями. Но я хочу вам просто напомнить, что мы переживали очередную влюбленность в каждую нашу разработку, и трудности у нас всегда были неимоверные. И не может быть,

чтобы наш коллектив, в котором есть и избалованные седиными и умудренные опытом ветераны коллектива, и энергичная и образованная молодежь, чтобы мы все не вытянули это наше детище. Когда-нибудь мы вспомним это, и не поверится самим, но нам сейчас нужна одна победа, одна на всех, мы за ценой не постоим».

Не сомневаясь в победе над проблемами текущими, Михаил Александрович уже думал о будущем — о создании следующих сверхвысокопроизводительных для того времени ЭВМ М-14 и М-15. По его заданию подразделения начали предварительную подготовку этих проектов. В настоящем сборнике в статьях «Развитие методов построения арифметических устройств в разработках М. А. Карцева», «Разработка базовых несущих конструкций в ЭВМ М. А. Карцева» и «НИИ Вычислительных комплексов им. М. А. Карцева — сегодня» представлена некоторая информация об этих проектах. Понимая важность и сложность поставленной задачи, Михаил Александрович решил пустить «свежую струю» в коллектив — пригласил в НИИВК своего старого коллегу, друга, а иногда и конкурента Давлета Исламовича Юдицкого.

В конце 1982 г. опытный завод НИИДАР начал поставку в НИИВК шкафов и блоков для автономной настройки устройств экспериментального образца ЭВМ М-13. Все это показывало, что конструкторская документация обеспечивает все этапы изготовления устройств и принципиальных трудностей не вызывает. А в феврале 1983 г., когда первое устройство успешно выдержало испытания по техническим условиям, стало ясно, что не возникнет особых трудностей и с настройкой устройств.

Однако ни результаты работы Опытного завода, ни приближающиеся сроки поставок ЭВМ М-13 на объект для РЛС «Дарьял-У» не заставили руководителей ДМЗ и ЮРЗ приступить к изготовлению машины. Не смогло заставить эти заводы начать производство ЭВМ М-13 и руководство ЦНПО «Вымпел», в состав которого они входили.

Наоборот. Подводя итоги работы своих предприятий в 1982 г., руководство ЦНПО «Вымпел» пыталось оправдать эти заводы, перекладывая ответственность на НИИВК. М. А. Карцева, человека в высшей степени порядочного и интеллигентного, такое лицемерие повергло в шок. Он сразу же заявил генеральному директору ЦНПО «Вымпел» Ю. Н. Аксенову, что не сможет дальше работать под таким руководством. Чувство несправедливости по отношению к коллективу НИИВК явилось дополнительной нагрузкой на сердце и сильно отразилось на здоровье М. А. Карцева. Его сильно тревожило положение с запуском в произ-

водство серийных образцов ЭВМ М-13 на заводах ЦНПО «Вымпел»: поведение руководства объединения ничего положительного в этом направлении не обещало.

Не прояснило вопрос с изготовлением машины и совещание о ходе работ по созданию РЛС «Дарьял-У», которое в середине апреля проводил в Радиотехническом институте заместитель Министра радиопромышленности О. А. Лосев. Говорилось о трудностях производства аппаратуры станции, особенно подчеркивалось трудное положение с изготовлением ЭВМ М-13. Однако предложение М. А. Карцева отбросить амбиции и решить вопрос в министерстве о подключении к изготовлению М-13 Загорского электромеханического завода было отвергнуто. В то же время руководители заводов ЦНПО «Вымпел» твердых обещаний приступить к изготовлению машины не давали.

Это уже было последней каплей, переполнившей чашу терпения: М. А. Карцев заявил О. А. Лосеву о своем твердом решении поставить перед Министром радиопромышленности П. С. Плешаковым вопрос о переводе НИИВК из ЦНПО «Вымпел» в 8-е ГУ МРП.

В порядке предварительного согласования этого вопроса 19 апреля 1983 г. М. А. Карцев пригласил в институт заместителя Министра радиопромышленности Н. В. Горшкова (рис. 1.18), курирующего в МРП вычислительную технику, и главного инженера 8-го ГУ, в ведении которого были научные и производственные предприятия вычислительной техники, в том числе и Загорский электромеханический завод.

М. А. Карцев ознакомил их с ЭВМ М-13 — ее конструкцией, элементной базой, технологией изготовления и ходом настройки устройств экспериментального образца. В состоявшейся затем беседе Михаил Александрович просил поддержать его предложение о переводе НИИВК в 8-е Главное управление МРП и передаче изготовления ЭВМ М-13 Загорскому электромеханическому заводу. Принципиальное согласие было получено.

Но было уже поздно: через четыре дня, 23 апреля 1983 г., М. А. Карцева не стало. Сердце, которое уже однажды перенесло обширный инфаркт, не выдержало морального и физического напряжения последних месяцев. Он умер мгновенно, в пути: проехав за рулем собственной автомашины через всю Москву от улицы Островитянова до конца Ленинградского проспекта. В районе станции метро «Сокол» почувствовал себя плохо, припарковал машину и... потерял сознание. Прибывшие врачи скорой помощи констатировали смерть. Острая сердечная недостаточность...



Рис. 1.18. Н. В. Горшков

Николай Васильевич Горшков — 25 лет проработал на ЗЭМЗ, откуда был переведен на работу в аппарат Министерства радиопромышленности. Занимал должности начальника 8-го ГУ МРП, затем заместителя Министра. В 1987 г. был назначен председателем Государственного комитета по вычислительной технике и информатике СССР. Герой Социалистического Труда.

Карцев был одним из немногих ученых и главных конструкторов средств вычислительной техники в нашей стране, реализовавшим свои научные идеи в конкретных вычислительных машинах и комплексах, нашедших широкое применение в важнейших стратегических системах. Ворвавшись сверкающим метеором в компьютерную атмосферу при создании одной из первых ЭВМ в нашей стране, он оставлял яркий след на своем пути в каждом из четырех поколений машин, часто опережая время.

Приказом Министра радиопромышленности П. С. Плешакова директором НИИВК и главным конструктором ЭВМ М-13 был назначен Ю. В. Рогачев. Основной трудностью института оставалась проблема с серийным производством М-13. В развитие полученного М. А. Карцевым принципиального согласия заместителя Министра Н. В. Горшкова на перевод НИИВК в 8-е ГУ МРП и передачу серийного производства ЭВМ М-13 Загорскому электромеханическому заводу был подготовлен проект приказа министра, согласованный с руководством 8-го ГУ. Н. В. Горшков проект приказа представил министру. При обсуждении

этого вопроса у П. С. Плешакова с участием заместителя министра О. А. Лосева и руководства ЦНПО «Вымпел» выпуск приказа был ими заблокирован: руководство ЦНПО «Вымпел» гарантировало срочное начало серийного производства М-13.

Но изготовление ЭВМ М-13 не начиналось. В порядке подготовки доклада коллегии МРП главный конструктор РЛС «Дарьял-У» А. А. Васильев и главный конструктор М-13 Ю. В. Рогачев в начале октября посетили заводы ЦНПО «Вымпел» ДМЗ и ЮРЗ, чтобы выяснить обстановку с производством М-13.

Руководство Днепровского машиностроительного завода заверяло, что приступит к изготовлению шкафов сразу, как начнут поступать ячейки и блоки от Южного радиозавода. Директор Южного радиозавода конкретными цифрами показал, что производственные мощности цеха по изготовлению многослойных печатных плат на ближайший год полностью загружены изготовлением МПП аппаратуры РЛС 5Н20, которая по планам объединения идет впереди М-13. Поэтому в ближайшем году начать изготовление ячеек и блоков М-13 не представляется возможным.

На заседании Коллегии Министерства радиопромышленности в октябре 1983 г. при обсуждении хода работ по созданию РЛС «Дарьял-У» конкретными цифрами, полученными от директора Южного радиозавода, удалось убедить членов коллегии в том, что заводы ЦНПО «Вымпел» начать серийное производство ЭВМ М-13 в ближайшие годы не смогут. Спасти положение может только ЗЭМЗ. После длительного и бурного обсуждения коллегия приняла решение о производстве машины М-13 на Загорском электромеханическом заводе и о передаче НИИВК в 8-е ГУ МРП.

Решение вопросов организации работ по подготовке производства ЭВМ М-13 на Загорском электромеханическом заводе принципиальных трудностей не вызвало. В деловой обстановке были решены вопросы согласования и передачи конструкторской документации.

В январе 1984 г. ЗЭМЗ получил практически всю конструкторскую документацию, необходимую для запуска ЭВМ М-13 в производство. Эта документация в виде машинных носителей с программами, обеспечивающими изготовление ячеек и блоков с использованием станков с программным управлением, позволила в короткий срок освоить производство этой машины. И уже к середине 1986 г. НИИВК получил все устройства головного образца, изготовленные с приемкой заказчика. Началась комплексная стыковка машины в целом, и к концу 1987 г. головной образец ЭВМ М-13 успешно выдержал заводские испытания.

Всего полтора года потребовалось Загорскому электромеханическому заводу на подготовку и освоение серийного производства ЭВМ М-13.

Первая серия ЭВМ М-13 предназначалась для вычислительного комплекса 4МП0 радиолокационной станции «Дарьял-У» в Казахстане. Выпуск серийных образцов машины начался в 1986 г. В течение 1986–1988 гг. завод изготовил первые шесть комплектов ЭВМ М13 и поставил их на объект в район озера Балхаш для построения вычислительного комплекса. В 1991 г. ЭВМ М-13 в составе объекта успешно выдержала совместные с РЛС «Дарьял-У» испытания. Производство М-13 продолжалось. Всего было изготовлено 18 комплектов этих машин. Так получила путевку в жизнь и последняя разработка М. А. Карцева.

М. А. Карцев в рамках работ по созданию товаров народного потребления в 1982 г. включил в план работы НИИВК проектирование и изготовление опытных образцов персональной ЭВМ. В Министерстве радиопромышленности это была первая попытка создания вычислительной машины такого класса. В НИИВК было изготовлено несколько комплектов таких машин. Машина получила официальную фирменную марку ПЭВМ «Агат». Весной 1984 г. ПЭВМ «Агат» была направлена в качестве экспоната на Ганноверскую международную выставку в ФРГ. Первым промышленным предприятием, освоившим серийное производство ПЭВМ «Агат», стал Лианозовский электромеханический завод (директор К. В. Агафонов). Затем к изготовлению этих машин подключились Волжский завод вычислительной техники, Загорский электромеханический завод, Ковылкинский электромеханический завод.

В 1985 г. этот персональный компьютер поступил в торговую сеть СССР для свободной продажи населению.

Оценивая вклад М. А. Карцева в развитие вычислительной техники, в создание и воспитание научного коллектива, продолжающего деятельность своего основателя, в 1993 г. Научно-исследовательскому институту вычислительных комплексов присвоено имя М. А. Карцева

Исследования по дальнейшему развитию вычислительной техники продолжают в НИИВК и после распада СССР. Институт в новых условиях рыночной экономики возглавил генеральный директор В. С. Мухтарулин, который получил богатый опыт работы в области вычислительной техники, участвуя в разработках, производстве и вводе в эксплуатацию вычислительных машин М. А. Карцева на радиолокационных узлах СПРН и наземном командном пункте системы УСК, а также работая в центральном аппарате Министерства радиопромышленности.

Основными направлениями работы НИИВК являются:

- создание резервируемых вычислительных комплексов для систем реального времени на современных программно-аппаратных платформах;
- создание программно-технических комплексов и автоматизированных систем управления транспортными и промышленными объектами (включая метрополитен, воздушный и морской транспорт, атомную энергетику), требующих высокой надежности и производительности;
- разработка и внедрение канальной аппаратуры передачи данных для волоконно-оптических линий связи, бортовых защищенных регистраторов аварийных событий, в том числе для воздушных и морских судов, для поездов метрополитена. В частности, поезда нового поколения метрополитена оснащены бортовыми регистраторами («черными ящиками») производства НИИВК;
- создание изделий силовой электроники (вторичные источники питания, источники питания на солнечных батареях, средства защиты электронного оборудования от перегрузок первичной сети и высокочастотных помех);
- разработка и внедрение новых информационных технологий с использованием компьютерной техники в образовательных учреждениях и в медицинской практике; обучение современным информационным технологиям.

Ученые и ведущие специалисты ОАО «НИИВК им. М. А. Карцева» продолжили работы по созданию вычислительных комплексов цифровой обработки сигналов в радиолокационной и гидроакустической системах.

В радиолокации цифровые вычислительные комплексы обеспечивали решение задач селекции движущихся целей. Традиционные устройства селекции движущихся целей раннего поколения, работавшие на основе элементов аналоговой техники, были достаточно громоздки и имели существенные ограничения по своим тактико-техническим характеристикам. В НИИВК было разработано специализированное цифровое устройство селекции движущихся целей (СДЦ), выполненное на основе новейших цифровых технологий, которое было более совершенным как по своим техническим, так и по экономическим характеристикам.

Новое поколение специализированных вычислительных средств цифровой обработки сигналов было разработано в НИИВК совместно

с НИИ суперЭВМ для применения в гидроакустическом комплексе подводной лодки. Цифровой вычислительный комплекс в составе гидроакустической системы обеспечивает обработку сигналов, поступающих от конформной антенны шумопеленгации и других гидроакустических систем. Для системы шумопеленгации, которая имеет около 5000 элементов приема сигналов и предъявляет наибольшие требования к цифровому вычислительному комплексу, решаются следующие задачи: формирование пространственно-частотных спектров сигналов, адаптивная корреляционная обработка, пороговая и траекторная обработка, идентификация и классификация наблюдаемых объектов, гидроакустические расчеты, отображение и регистрация результатов обработки, управление подсистемами гидроакустического комплекса.

Цифровым вычислительным комплексом обеспечивается:

- производительность 30 млрд оп/с;
- емкость памяти и пропускная способность каналов, необходимые для решения задач в реальном времени;
- высокая надежность (среднее время безотказной работы не менее 20 тыс. часов);
- ограниченное энергопотребление;
- малый объем аппаратуры;
- бесшумность работы;
- устойчивость к механическим воздействиям;
- простота обслуживания и ремонта.

В институте проведена разработка высокопроизводительного мультипроцессорного масштабируемого спецвычислителя, который предназначен для использования в различных гидроакустических комплексах (ГАК). Отличительной особенностью спецвычислителя является применение графического ускорителя. Этот ускоритель позволил в стандартном 19-дюймовом крейте высотой 10 дюймов получить пиковую производительность более 1,2 TFLOPS при потребляемой мощности менее 0,8 кВт.

Использование высокопроизводительных мультипроцессорных систем было взято за основу при разработке инструментального вычислительного комплекса (ИВК) для моделирования, разработки, настройки и испытаний радиоэлектронных систем.

Применение в ИВК высокопроизводительных модулей и широкая номенклатура контроллеров с разными типами входных/выходных сигналов позволят адаптировать ИВК для разработки АСУ и встроенных систем реального времени различного назначения.

ИВК обеспечивает автоматизированное проектирование, выпуск документации и проведение полунатурных испытаний.

На этом комплексе в НИИВК проведены работы по моделированию, разработке, настройке и испытаниям бортовой электронной системы «Барс-61» дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА), которые приняты МВК и находятся на объектах эксплуатации.

Одновременно совместно с МГУ на ИВК проводятся работы по раннему распознаванию предаварийных режимов работы ответственных динамических систем.

Разработки, проводимые в институте в настоящее время, позволяют с гордостью сказать, что коллектив Научно-исследовательского института вычислительных комплексов им. М. А. Карцева бережно сохраняет традиции своего основателя и свято чтит его память.

Глава 2

БИОГРАФИЯ М. А. КАРЦЕВА

2.1. Биография М. А. Карцева в датах

10 мая 1923 г.	В Киеве родился Михаил Александрович Карцев
1941 г.	М. А. Карцев окончил среднюю школу
Лето 1941 г.	Оборонительные работы в Донбассе
Сентябрь 1941 — март 1947 гг.	Служба в Советской Армии
Сентябрь 1941 — март 1945 гг.	Участник Великой Отечественной войны: орден Красной Звезды и медаль «За отвагу»
Апрель 1947 г.	Демобилизован из Советской Армии
Март — сентябрь 1947 г.	Делопроизводитель конторы производственных предприятий Главнефтестроя Юга и Запада
1947–1952 гг.	Студент радиотехнического факультета Московского энергетического института
1950–1952 гг.	Инженер лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР. Участник создания одного из первых в СССР ЭВМ М-1
1952–1956 гг.	Младший научный сотрудник, старший инженер ЭНИН АН СССР. Создание ЭВМ М-2
1956 г.	На базе лаборатории электросистем ЭНИН АН СССР образована Лаборатория управляющих машин и систем АН СССР (ЛУМС АН СССР)
1956–1958 гг.	Старший инженер, старший конструктор Лаборатории управляющих машин и систем АН СССР
1958 г.	Защита кандидатской диссертации

Октябрь 1956 г.	ЛУМС АН СССР преобразован в Институт электронных управляющих машин АН СССР (ИНЭУМ АН СССР)
1958–1967 гг.	Заведующий лабораторией, начальник отдела Института электронных управляющих машин (ИНЭУМ)
1958–1962 гг.	Создатель транзисторных ЭВМ М-4 и М4-М
1962–1967 гг.	Создание ЭВМ М4-2М, М4-3М и периферийных устройств для Системы предупреждения о ракетном нападении
1966 г.	Награжден орденом «Знак Почета»
1967 г.	Защита докторской диссертации
1967 г.	Присуждена Государственная премия СССР
1967 г.	Образован Филиал № 1 ОКБ «Вымпел» Министерства радиопромышленности под руководством М. А. Карцева
1967–1970 гг.	Начальник Филиала № 1 ОКБ «Вымпел» Министерства радиопромышленности
1967 г.	Разработка проекта многопроцессорного вычислительного комплекса М-9
1969–1974 гг.	Создание многопроцессорной векторно-параллельной машины третьего поколения М-10
1970 г.	Филиал № 1 ОКБ «Вымпел» преобразован в Филиал Радиотехнического института Министерства радиопромышленности
1970–1975 гг.	Директор Филиала Радиотехнического института
1971 г.	Награжден орденом Трудового Красного Знамени
1974–1976 гг.	Создание ЭВМ М-10М
1975 г.	Создание вычислительного комплекса 5К31
1975 г.	Филиал РТИ преобразован в Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК) Министерства радиопромышленности
1975–1983 гг.	Директор НИИВК
1976 г.	Избран депутатом Черемушкинского районного Совета народных депутатов г. Москвы

1976 г.	ЭВМ М-10 и ВК 5К31 успешно прошли Государственные испытания. Коллективу создателей ЭВМ М-10 присуждена Государственная премия СССР (1977 год). Главный конструктор М. А. Карцев награжден орденом Ленина (1978 год)
1977 г.	Ввод в эксплуатацию моделирующего стенда НИИВК на базе ЭВМ М10-М
1979–1982 гг.	Разработка многопроцессорной векторно-конвейерной вычислительной машины четвертого поколения М-13
1982 г.	Успешно завершены Государственные испытания ВК 5Э52
Апрель 1983 г.	Успешно завершены Государственные испытания ВК 6ЗИ6
23 апреля 1983 г.	Михаил Александрович Карцев скоропостижно скончался
1984 г.	Начало серийного производства ЭВМ М-13
1986 г.	Президиум Верховного Совета СССР наградил коллектив НИИВК орденом Трудового Красного Знамени за заслуги в создании вычислительных комплексов для системы предупреждения о ракетном нападении
1991 г.	Успешно завершены Государственные испытания ЭВМ М-13
1993 г.	Научно-исследовательскому институту вычислительных комплексов присвоено имя М. А. Карцева

Опубликовано: «М. А. Карцев».
 Проект «История инженерной мысли России»,
 Научно-популярная серия «Российские инженеры»,
 Политехнический музей, Юбилейный выпуск.
 М., 2003. С. 36–39

2.2. О моем отце

Наверное, меньше всего в своей жизни Михаил Александрович Карцев, мой отец, думал о том, что о нем будут писать книги. В 2023 г. ему исполнилось 100 лет. На этот же год приходится и еще одна дата — сорок лет как отец, самый близкий для меня человек, ушел из земной жизни. За это время произошло много событий. Вырос внук Павел, которому довелось быть с дедом лишь до двух с половиной лет. Внук стал взрослым мужчиной, женился, и двумя Карцевыми на земле стало больше: жена Алена Карцева родила маленького Тимофея Карцева, правнука. Случилась перестройка — по сути, революция, — в результате которой многим пришлось заново искать свое место в жизни. Казалось бы, прошедшее время и повседневные дела должны были сделать память о любом человеке не такой яркой. В отношении отца этого не произошло.

Мне кажется, что суббота 23 апреля 1983 г., когда я провел одно из своих первых занятий со студентами МГУ и позвонил отцу из автомата за 2 копейки, была лишь вчера. Кто же знал, что этот разговор с отцом окажется последним. Я уже почти не помню тех студентов, которые давно стали взрослыми. Исчезли телефонные будки-домики, у всех появились сотовые. Но до сих пор меня не покидает чувство, что отец где-то рядом. Во всех своих начинаниях мысленно задаю себе вопрос о том, как бы он к этому отнесся. *«Помнишь, — говорю я своему сыну, — как твой дедушка...»* — и замолкаю, потому что понимаю, что двухлетний ребенок если что и запомнил, то красную дедушкину «Волгу», на которой тот с женой Еленой Валерьевной Гливенко приезжал к нам в гости, проделывая путь с юго-запада на северо-восток Москвы. Тогда в Москве еще не было таких пробок...

Мое отношение к Михаилу Александровичу Карцеву, хотелось бы надеяться, не только личное, потому что память о нем сохранилась в серд-



Владимир Михайлович Карцев

цах самых разных людей, знавших его, многие из которых и по сей день работают в Научно-исследовательском институте вычислительных комплексов имени М. А. Карцева. НИИВК — это не памятник профессору Карцеву, это — продолжение его жизни. Удивительно, что не только Институт как предприятие, но и научные идеи отца с годами не утратили своей значимости. Далеко не все ученые могут и хотят совмещать научную и административную деятельность. Ради достижения высших целей — воплощения своих стратегических идей по проектированию вычислительных машин — Карцев стал администратором, возглавил НИИВК и любил его всей душой. Причем он в равной степени любил и свое дело, и людей, объединившихся с ним, ставших единомышленниками. Как сын я горжусь, что в Институте сохранились традиции, заложенные моим отцом, и очень благодарен людям, проводшим Институт по бурным волнам перестройки и поддерживающим его в настоящее, тоже нелегкое время. В 2022 г. НИИВК исполнилось 55 лет. Это большой праздник.

М. А. Карцев не задавался вопросом о смысле жизни, он ежедневно и ежечасно работал. Он не спрашивал, кому и зачем нужен «оборонный щит Родины», но в первых своих вычислительных машинах знал каждое сопротивление. Затем такое стало невозможно, и отец как-то признался мне, что переживает из-за этого.

С детства меня, родившегося через 10 лет после Победы, волновала тема войны. Надо отметить, что отец, отправившийся на фронт до достижения призывного возраста, прошедший всю войну от начала до конца и закончивший ее сержантом, терпеть не мог вспоминать о войне. Видимо, какие-то очень глубокие установки, полученные в семье, сделали его не воином, но созидателем. Но кое-что все же удавалось из него вытянуть. Как-то отец упомянул, что на войне самой большой его мечтой было надолго попасть в помещение с температурой выше 17 градусов и досыта наесться гороха со свиной. Дело в том, что однажды их часть стояла в городе, где находился консервный завод. Некоторые банки вздулись, не подлежали хранению, и их отдали солдатам. Но наелись они не досыта, ох как не досыта, если отец через столько лет говорил об этом. Еще как-то упомянул, что осенью, зашивая свои армейские штаны, пришел их к кальсонам. Но обнаружил это только весной, раздеваться-то в холодное время года не приходилось. А вот о смертельной опасности, о своих ранах, о том, за что получил свои солдатские награды, практически не рассказывал. Сколько воды утекло с тех пор! Но сидя в тепле за обильным столом, я, уже немолодой человек, каждый раз вспоминаю отцовский горох со свиной.

В повседневной жизни отец был достаточно непритязательным, видимо, как и все талантливые люди, занятые своим делом. Любил хлеб с маслом (где теперь булочки по семь копеек, которые мы всегда покупали?), бутерброды с докторской колбасой. Помню, как с утреннего чая он перешел на непривычный в те времена кофе. У меня потом долго хранились плотно закрывающиеся жестяные банки из-под советского растворимого кофе, в которые я прятал свои детские мелочи. Отдых состоял в чтении. Отец лежал на диване и с поразительной скоростью читал, регулярно выходя курить. Сейчас я перечитываю рассказы О'Генри, которые отец когда-то читал мне вслух, и получаю от них ничуть не меньшее наслаждение, чем в те времена. Мы также любили ходить в кино, но время на это находилось редко. Пересмотреть бы заново те фильмы, на которых мы бывали вместе.

Вообще отец интересовался семейными делами и моими проблемами, следил за одеждой (помню, как в эпоху тотального дефицита мы напали в магазине на модные галстуки и купили сразу несколько), любил технику, приглашал гостей, гулял с собакой, водил машину. Возможно, ему даже было приятно, что наша Джина — не какая-то мелкая собачонка, а элегантная догиня (откровенно говоря, с изрядной примесью «дворянской» крови), что машина — «Волга», купить которую в Советском Союзе так просто было невозможно. Пожалуй, автомобиль был единственным признаком материального благополучия, на которое по праву мог рассчитывать ученый такого ранга, профессор, директор института, депутат.

При мне отец ни разу не проявил энтузиазма по отношению к спиртному, но, говорят, прекрасно мог поддержать компанию. Очень неплохо отец фотографировал, у него была твердая рука, и смазанность на снимках получалась гораздо реже, чем у меня. Он рассказывал мне, что в отрочестве у него был пластиночный «Фотокор» и несколько его фотографий даже были опубликованы в «Пионерской правде». Я очень благодарен отцу за то, что в свое время он поддержал мое увлечение фотографией. Сейчас у меня вышло столько иллюстрированных статей (в том числе и в «Пионерской правде»), что я давно уже потерял им счет, и несколько фотоальбомов и книг разной степени научности. Вот бы показать их отцу... С другой стороны, фотопроекты (заказов больше, чем я в состоянии выполнить) мешают узконаправленной научной деятельности. Как быть, что скажешь, папа? На этот вопрос мне придется искать ответ самому.

Однако кое в чем отец все же отличался от большинства «нормальных» людей. Ему совершенно недоступны были такие простые радости,

как вылазки на природу, дача, спорт, баня. Невозможно представить его ловящим рыбу, следящим за строительством дома на своем дачном участке, а тем более варящим борщ, чем иногда грешит автор этих строк. «В палатке я свое на войне проспал», — говорил отец. Не склонен он был и мастерить что-нибудь, хотя до сих пор исправно работает удлинитель, сделанный его руками. Будучи ребенком, я уговорил отца помочь мне собрать портативный приемник из конструктора «Радиолюбитель». Все же отец очень любил меня. Сразу же оказалось, что все детали по размеру намного больше, чем отведенные для них места на монтажной плате, а некоторых деталей и вовсе не хватает. В разобранном виде приемник все же заработал — неуверенно ловил одну радиостанцию, но в корпус его запихнуть так и не удалось. *«Вот за что я не люблю радиолюбительство, — говорил отец, — так это за то, что радиолюбительство — это попытка собрать негодные устройства негодными средствами».*

Думаю, что он не одобрял всякого «любительства», видя в нем воплощение непрофессионализма и низкого качества работы. У отца не было никакого хобби. Возможно, его увлечением можно было бы назвать интеллектуальную деятельность в широком смысле этого слова — книги, стихи, интересное общение и... проектирование цифровых вычислительных машин. Несомненно одно: от работы отец получал удовольствие и достаточно эмоций, чтобы ему не надо было собирать марки или выступать в самодеятельности.

Со мной отец иногда ездил в дома отдыха. Там он тоже большую часть времени проводил за книгой с сигаретой в зубах. Конечно, если дело было летом, то купались и загорали. Несколько раз отец ездил на море. Наверное, только эти проведенные там один-два месяца за многие десятки лет и можно считать настоящим отдыхом. Вынужденные поездки в санатории, связанные с болезнью, не в счет.

Никакой «воспитательной работы» отец со мной никогда не проводил. В моем воспитании огромную роль сыграло его чувство юмора. Ведь это чувство — не просто умение рассказывать анекдоты (хотя и в этом отец преуспел), это особое отношение к жизни, одна из сторон интеллекта, способность находить и устанавливать парадоксальные связи между элементами окружающего мира и получать от этого удовольствие.

В воспитании основное значение имел его личный пример. Как-то само собой разумелось, что на первом месте для мужчины его дело, и я старался хорошо учиться. Теперь, с высоты прожитых лет, я могу оценить, насколько уважительно он относился ко мне с самого раннего

возраста. В 1963 г., когда я должен был идти в школу, на русском языке вышла книга Ж.-А. Фабра «Жизнь насекомых». Заметила эту красивую книгу, скорее всего, мама. Но поскольку полезность книги не была очевидна, возник небольшой семейный совет, в результате которого отец обратился уже ко мне. *«Ты хотел бы иметь книгу про насекомых с хорошими картинками? Только она пока для тебя сложновата»*, — спросил отец. *«Да!»* — завопил семилетний ребенок, гордый уже от сознания того, что с ним считаются как со взрослым. Подарок этот имел отдаленные последствия, и в конце концов я стал энтомологом, а книгу Фабра не раз цитировал в своих научных трудах. Наверное, отец огорчился из-за того, что я ушел в другую область и не смог стать продолжателем его направления. Однако он ни разу даже не намекнул на это.

Поменяв в Москве без малого десяток мест жительства, я волею судьбы вновь вернулся в ту квартиру, где мы жили в 1960-е годы. Здесь сохранились старая мебель и книги, стоит сервиз «Мадонна», когда-то купленный отцом с большой премии, в шкафу висит галстук, в котором отец сфотографирован для доски почета. Сейчас этот галстук опять выглядит вполне современно, и я иногда надеваю его. Здесь же отец вынашивал планы по созданию своего института. Только теперь, когда я почти достиг 59 лет отца, до которых он дожил, когда сам стал хроническим гипертоником и в ужасе просыпаюсь под утро от невыполненных дел, я понимаю, как горько было отцу, когда он был лишен возможности реализовывать свои замыслы — делать машины, действительно нужные стране.

Отцу очень многое было дано генетически (или от Бога, при нашем уровне знаний мы не можем отличить одно от другого). Незаурядную интеллектуальную одаренность Михаила Александровича Карцева признают многие. Но чтобы замахнуться на организацию нового института, недостаточно было только качеств ученого. Не менее важна была и его энергия, жажда действий. Именно интеллект плюс энергия в сочетании с уважением к людям сделали его основателем Научно-исследовательского института вычислительных комплексов, ныне носящего его имя.

Увлеченность, даже одержимость отца своим делом, видимо, исключала бережное отношение к своему здоровью. Он никогда не жалел себя, с пренебрежением относился к недугам, мне кажется, не боялся смерти, а в покое просто не мог существовать. Иногда я мучаю себя вопросами: как было бы, если бы отец прожил дольше? Что бы он делал в перестройку? Понравились бы ему фотографии, что вывешены в НИИВК?

Вопросы эти не имеют большого смысла. Жив Институт, а значит, жив и отец. Живы и мы, потомки, носящие гены Михаила Александровича Карцева.

2.3. Страницы военных лет сержанта Михаила Карцева

Подбирая материалы для книги к 90-летию М. А. Карцева, мы понимали, что располагаем скудными сведениями о военных годах в его биографии. М. А. Карцев не очень любил рассказывать о военном периоде своей жизни ни в кругу друзей, ни дома. Родилась идея обратиться в Центральный архив Министерства обороны РФ (г. Подольск).

Нам удалось связаться с начальником архива Игорем Альбертовичем Пермяковым, который радушно принял нас и оказал содействие в поиске архивных документов.

И вот копии архивных документов военных лет (20 страниц) у нас на руках. Трудно передать словами то волнение, которое мы испытали, перелистывая архивные страницы, появились новые факты в биографии, ранее неизвестные.

Родился М. А. Карцев в г. Киеве в семье учителей, в 1941 г. окончил 10-й класс школы № 45 г. Киева. Окончил вечерние двухгодичные курсы иностранных языков в 1941 г. в г. Киеве. В анкете написано: профессия по образованию — секретарь-переводчик английского языка, по опыту работы — чертежник, стаж работы — два года.

Призван в ряды Красной армии в сентябре 1941 года Орджоникидзевским РВК (рис. 2.2):

- с сентября по декабрь 1941 года проходил службу в 17 запасном стрелковом полку, г. Орджоникидзе, юго-западный фронт, стрелок;
- с декабря 1941 г. по май 1942 г. проходил обучение в Лучинской школе авиамехаников г. Курган, курсант;
- с мая 1942 г. по август 1942 г. — Смоленское артиллерийском училище, г. Ирбит, курсант;
- с сентября по декабрь 1942 г. находился на излечение в эвакогоспитале в г. Балашове;
- с декабря 1942 г. по февраль 1943 г. проходил службу в 6-й отдельной стрелковой бригаде, Северо-Кавказский фронт, стрелок;
- ранен 27 марта 1943 г. на Северо-Кавказском фронте;



Рис. 2.2. М. А. Карцев на боевом посту

- с февраля по апрель 1943 г. находился на излечении в эвакогоспитале в г. Тихорецке;
- с апреля 1943 г. по август 1943 г. проходил службу в запасном артиллерийском полку, Южный фронт, в должности командира отделения радио;
- с сентября 1943 г. по ноябрь 1943 г. проходил службу в 32-й стрелковой бригаде 18-го танкового корпуса Украинского фронта в должности орудийного, а с ноября по декабрь 1943 г. — в должности командира отделения автоматчиков;
- 28 декабря 1943 г. — контужен (2-й Украинский фронт);
- с января по март 1944 г. находился на излечении в медсанбате 18-го танкового корпуса;
- с марта по июнь 1944 г. проходил службу в 1429-м легко-артиллерийском полку 49-й легкой артиллерийской бригады 2-го Украинского фронта в должности орудийного номера, с июня по сентябрь — в должности вычислителя;
- с сентября 1944 г. по май 1945 г. — в должности старшего писаря штаба. Воинское звание: сержант.

Награждение медалью «За отвагу»

В сентябре 1944 года М. А. Карцев был награжден медалью «За отвагу» (рис. 2.3), как сказано в приказе № 7 от 17/IX-44 г. командира роты легко-артиллерийского полка подполковника Жильцова:

«...за то, что при артподготовке и подготовке данных обеспечил точный огонь дивизиона, которым был уничтожены: 2 артбатареи, 5 пулеметов и до роты пехоты противника, и в бою за ст. Красная, работая заряжающим, обеспечил ведение беглого огня батареи, который дал возможность пехоте продвигаться вперед».

Приказ был объемный, поэтому мы приводим «выписки» из него в виде факсимильных вырезок (рис. 2.4, 2.5).



Рис. 2.3. Медаль М. А. Карцева «За отвагу»

ВМ СССР

По указанию З. В. М. Нав. Г. Д. 1945 г.

Главное Управление Надров Советской Армии

4-е Управление

Удв. 100%

1952 год

№ 60 22 67

Приказы военных советов фронтов, групп, армий, командиров корпусов, дивизий, бригад, полков и командующих родов войск о награждении орденами и медалями СССР

Начато 20 " марта 1943 г.

Окончено 30 " июня 1945 г.

На 295 " листах

Вроме того, опись на 3 " листах и приложений в " " панетах на " " листах.

Верно Ст. инст. р. 1903

АРХИВ МВО

ХРОСТ 2267

Рис. 2.4. Наградное дело с приказом о награждении медалью «За отвагу»

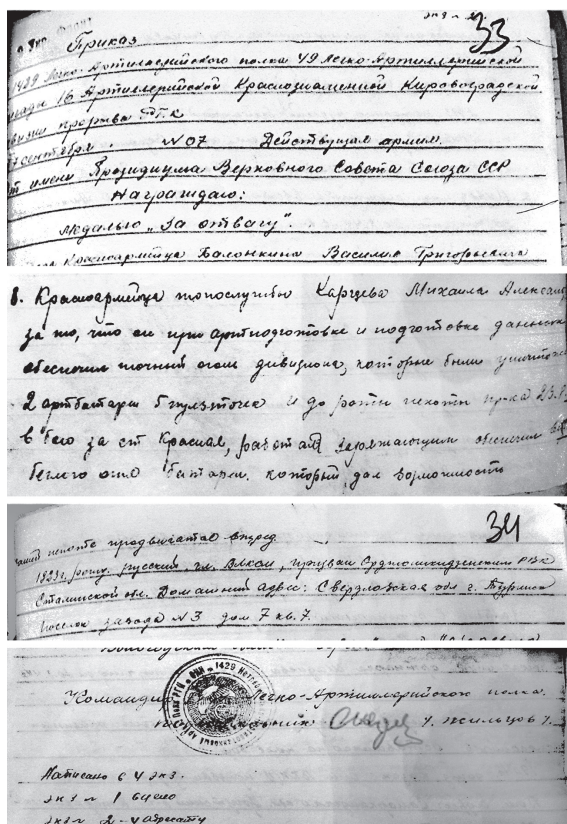


Рис. 2.5. Вырезки из приказа о награждении медалью «За отвагу»

Награждение орденом Красной Звезды

В декабре 1944 г. старший сержант М. А. Карцев награжден орденом Красной Звезды (рис. 2.6). На рис. 2.7, 2.8 показаны наградные документы: представление к награде, подписанное подполковником Жильцовым, и приказ № 047 от 21 декабря 1944 г. (рис. 2.9) командира 49-й легко-артиллерийской краснознаменной бригады подполковника Налбалдына.



Рис. 2.6. Орден Красной Звезды

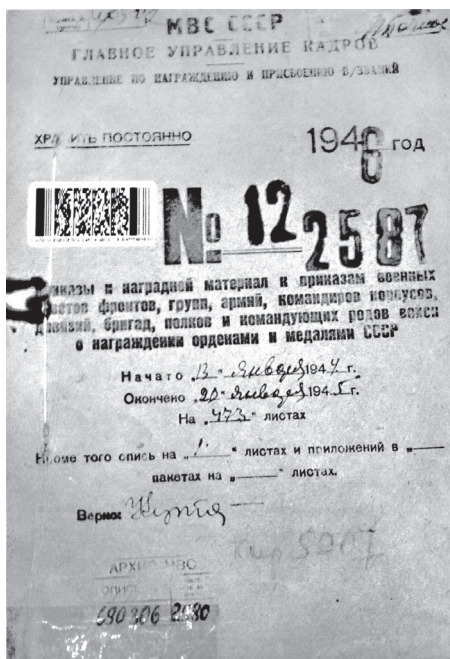


Рис. 2.7. Наградное дело о награждении орденом Красной Звезды

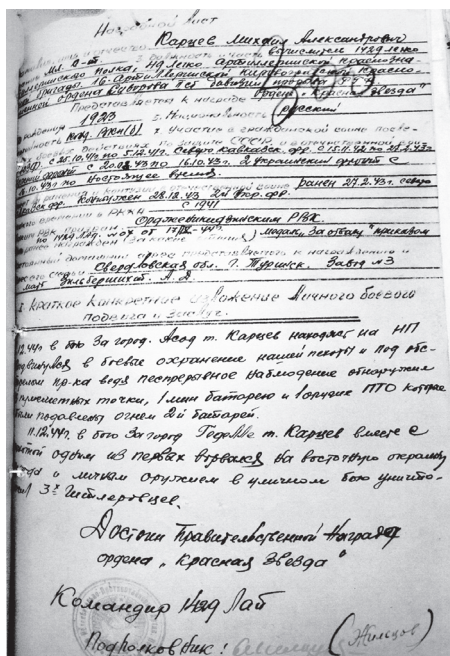


Рис. 2.8. Представление к награде орденом Красной Звезды

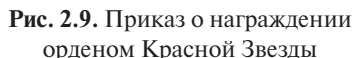
[illegible]

Рис. 2.10. Учетная карточка (орденская книжка) М. А. Карцева

В представлении сказано: «...12.44 г. в бою за город Асод т. Карцев, находясь на НП, выдвинулся в боевое охранение пехоты и под обстрелом противника ведя непрерывное наблюдение, обнаружил 3 пулеметные точки, 1 мин. батарею и 1 орудие ПТО, которые были подавлены огнем 2%й батареи.

11.12.44 г. в бою за город Годелле т. Карцев вместе с пехотой одним из первых ворвался на восточную окраину города и личным оружием в уличном бою уничтожил 3-х гитлеровцев.

Достоин правительственной награды ордена Красная Звезда».

Вступление в ВКП(б)

1 мая 1945 г., в международный день солидарности трудящихся, который все граждане нашей страны единодушно отмечали как один из важнейших праздников, М. А. Карцев подал заявление (рис. 2.11, 2.12) о приеме в ВКП(б). На фронтах Великой Отечественной войны, как и в тылу, единственной привилегией рядовых коммунистов было первым идти в атаку, грудью закрывать амбразуры, всегда быть там, где труднее

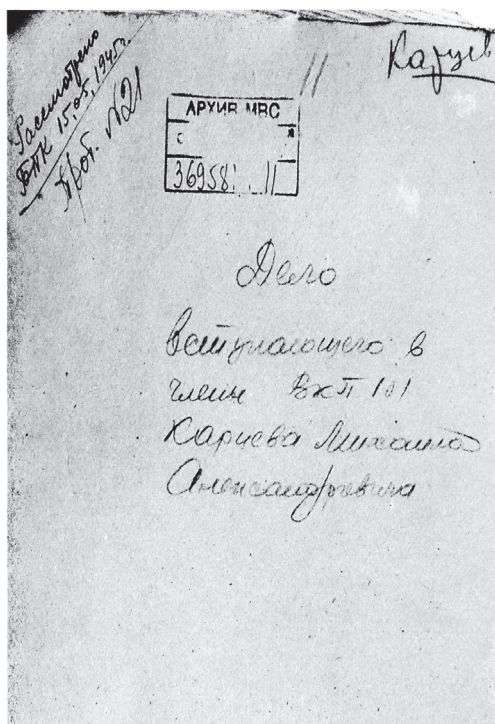


Рис. 2.11. Дело вступающего в ВКП(б) М. А. Карцева

В первичную организацию ВКП(б)
 1429 Лейб.-арх. Отдела Пудгозвд
 полка

М. А. Карцев

Заявление.

Прошу первичную организацию
 перевести меня из кандидатов в
 члены ВКП(б).

В затянувшихся боях с немецко-
 фашистскими захватчиками прояв-
 лено высокое звание члена Партии.

М. А. Карцев

1 мая 1945 г.

Рис. 2.12. Заявление о вступлении в ВКП(б)

и важнее. Быть членом партии, а для молодежи комсомольцем, было почетно. В анкете (рис. 2.13, 2.14) М. А. Карцев указал об участии в работе комсомола — комсорг взвода управления полка. В Красной армии с 1941 г., участвовал в боях на Юго-Западном фронте, Северо-Кавказском фронте, Южном фронте, 2-м Украинском фронте — стрелок, оружейный вычислитель. 22 мая ему был выдан партийный билет № 7367140.

В комплект документов при приеме в ВКП(б) воюющих в действующей армии входила «Боевая характеристика» принимаемого (рис. 2.15).

Награждение медалью «За взятие Будапешта»

13 февраля 1945 г. М. А. Карцев был награжден медалью «За взятие Будапешта» (рис. 2.16).

[illegible]

Рис. 2.13. Анкета вступающего
в ВКП(б), стр. 1

[illegible]

Рис. 2.14. Анкета вступающего
в ВКП(б), стр. 2

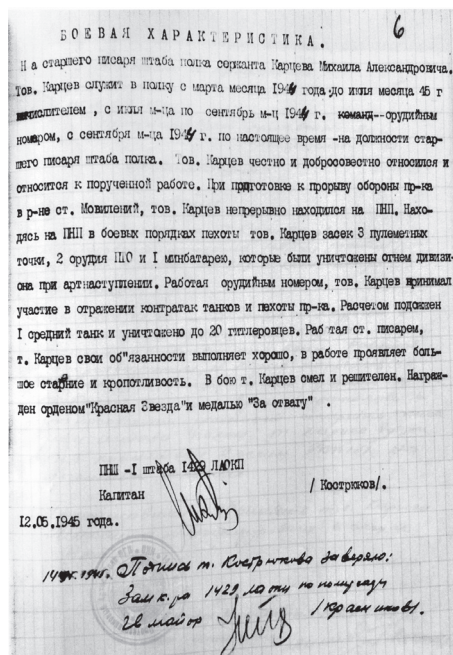


Рис. 2.15. Боевая характеристика сержанта М. А. Карцева



Рис. 2.16. Медаль «За взятие Будапешта» и удостоверение

Награждение медалью «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.»

Венцом военной службы М. А. Карцева было награждение его 13 декабря 1945 г. медалью «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Медаль «За победу над Германией в Великой Отечественной войне» и удостоверение

Газета «Сталинское знамя»

Сражаясь на фронтах Великой Отечественной войны и после ее окончания, сержант Михаил Карцев часто посылал свои стихи в газету Народного комиссариата обороны СССР «Сталинское знамя». Его авторитет в газете был таков, что ответственный редактор гвардии майор Щерба обращался к нему с просьбой прислать свои «новые стихи» и «корреспонденцию о лучшем сверхсрочнике» (рис. 2.18).

Некоторые фотографии о военной службе М. А. Карцева представлены на цветной вклейке в книгу.

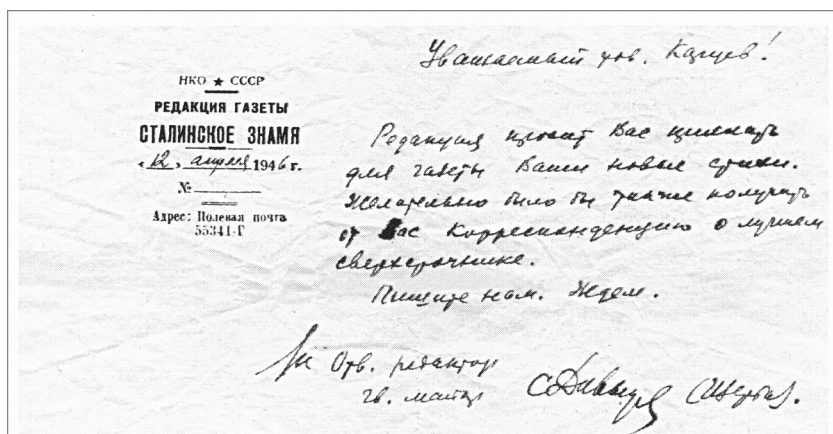


Рис. 2.18. Обращение ответственного редактора газеты

Глава 3

ИЗБРАННЫЕ СТАТЬИ М. А. КАРЦЕВА

3.1. Арифметические устройства электронных цифровых машин

Карцев М. А., к. т. н.

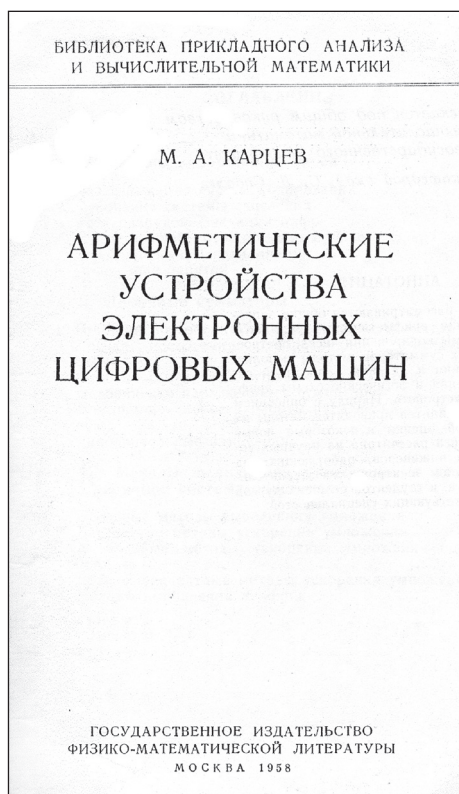


Рис. 3.1. Монография «Арифметические устройства
электронных цифровых машин»

Библиотека выпускается под общим руководством кафедры вычислительной математики Московского государственного университета
Заведующий кафедрой акад. С. Л. Соболев

Аннотация

В книге (рис. 3.1) рассматриваются общие вопросы построения арифметических устройств: выбор системы кодирования чисел, построение двоичных сумматоров, методы выполнения умножения и деления в двоичной системе счисления и логические схемы арифметических устройств. Наряду с описанием известных вариантов приводятся методы их сравнительной оценки и некоторые новые решения. Книга рассчитана на научных сотрудников и инженеров, работающих над проектированием электронных вычислительных устройств, и студентов старших курсов вузов соответствующих специальностей.

Предисловие

Теория и практика построения арифметических устройств цифровых вычислительных машин — это область, в которой наиболее тесно переплетаются проблемы «чистой» математики с проблемами сугубо техническими. Правильный выбор системы кодирования чисел, выбор логического построения сумматора, разработка алгоритмов, по которым должны выполняться арифметические операции, и создание логической схемы арифметического устройства, реализующей эти алгоритмы, — все эти вопросы не могут быть решены порознь один от другого и вне связи с характеристиками конкретных физических элементов, которые предполагается использовать в устройстве. Решение, однако, никогда не получается однозначным и допускает множество различных вариантов.

За немногие годы существования цифровой техники накопился богатый материал по разнообразным частным решениям указанных вопросов. Весь накопленный опыт требует изучения и систематизации. Последнее, однако, невозможно провести без предварительной разработки хотя бы грубых способов сравнения разных вариантов. Во многих случаях простое сопоставление различных вариантов приводит к интересным обобщениям или дает возможность найти некоторые новые решения. Указанный материал и составляет основное содержание настоящей книги.

Предлагаемая вниманию читателя работа выполнена в Лаборатории управляющих машин и систем АН СССР и является частью большого комплекса исследований в области цифровой техники, проводимых под руководством чл.-корр. АН СССР И. С. Брука. Автор считает своим долгом выразить признательность сотрудникам лаборатории Н. Я. Ма-

тюхину, В. В. Бельнскому и д-ру физ.-мат. наук А. Л. Брудно, а также чл.-корр. АН СССР Л. А. Люстернику и участникам семинара кафедры вычислительной математики МГУ, которые ознакомились с книгой в рукописи и внесли ряд ценных предложений и пожеланий.

В 1963 г. монография была переиздана в Китайской Народной Республике (рис. 3.2).

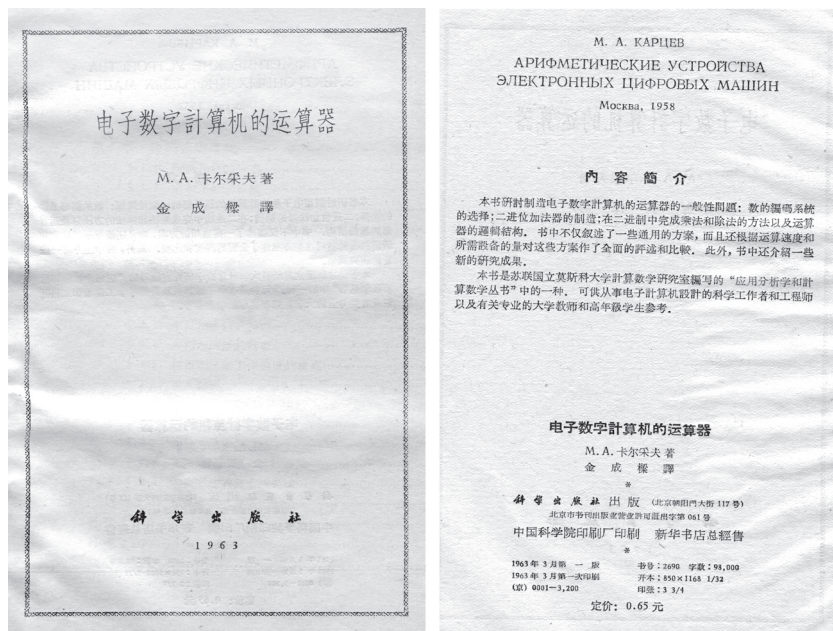


Рис. 3.2. Издание монографии на китайском языке

Монография опубликована:
Государственное издательство
физико-математической литературы.
М., 1958. 157 с.

3.2. Автоматизация вычислений и развитие вычислительной техники

Карцев М. А., к. т. н.

В настоящее время электронные цифровые машины используются преимущественно для выполнения собственно вычислительных работ и только в сравнительно простых случаях применяются в системах автоматического управления. Все, что говорится о самообучающихся, самонастраивающихся и самоорганизующихся системах, относится в лучшем случае к области чистой теории.

Между тем многое из того, что необходимо для создания таких систем, в общих чертах уже имеется, и пора сделать первые практические шаги на этом пути.

В качестве первого шага, мы полагаем, целесообразно осуществить построение такой системы для выполнения вычислений. Прежде всего благодаря разнообразию и сравнительно глубокой изученности алгоритмов вычислительного процесса именно вычислительная техника представляет идеальное опытное поле для совершенствования цифровых устройств.

В то же время и нужды собственно вычислительной техники требуют дальнейшей автоматизации вычислений.

Дело в том, что современный вычислительный центр, оснащенный иногда всего одной высокопроизводительной электронной цифровой машиной, как правило, требует штата в 50 или даже в 100 человек для обеспечения ее бесперебойной математической и технической эксплуатации. Создание таких центров было оправдано в прошлом, когда машин было мало, а проведение определенных вычислительных работ нужно было обеспечить любыми средствами. Однако в будущем такой путь, очевидно, неприемлем прежде всего потому, что дальнейший выпуск вычислительных машин отвлек бы на их эксплуатацию как раз тех специалистов, которые могли бы заниматься новыми исследованиями и разработками по цифровой технике.

Отсюда настоятельная необходимость в дальнейшей автоматизации вычислений и в развитии работ по созданию вычислительных центров, построенных на существенно новых принципах. Именно вычислительный центр будущего — автоматический вычислительный центр — может явиться первым практическим осуществлением самоорганизующейся, самообучающейся и самонастраивающейся системы.

Ниже в общих чертах рассматриваются возможная структура и организация такого центра.

Нам представляется, что автоматический вычислительный центр будет состоять из нескольких вычислительных машин одной серии, связанных между собой системой коммутаций. Не обязательно, чтобы все эти машины были вполне идентичны: они могут различаться по скоростям действия, по числу входов, объему памяти, возможно, даже по количеству разрядов, списку операций и другим параметрам. Когда мы говорим, что машины должны быть одной серии, то под этим подразумевается идентичность способов ввода информации, основной структуры машинного языка, параметров входных и выходных сигналов.

Желательно, чтобы все оборудование вычислительного центра было в известной мере задублировано, т. е. чтобы операции, выполняемые какой-либо машиной или устройством, могли быть выполнены также другим устройством или другой машиной. При этом одни и те же задачи в крайнем случае могли бы решаться в разных машинах различными способами, может быть, за разное время и даже не с одинаковой точностью. Но так или иначе должна быть предусмотрена возможность обойтись без какой-либо части оборудования.

При создании автоматического центра можно будет решить в основном следующие проблемы:

- 1) максимальная автоматизация программирования;
- 2) автоматическое распределение задач между машинами и во времени; организация совместной работы нескольких машин при решении особо сложных задач;
- 3) автоматическое распределение оборудования между машинами (внешних устройств, блоков оперативной памяти и т. д.);
- 4) максимальная автоматизация контроля исправности оборудования и его ремонта;
- 5) автоматический учет и регистрация работ, выполненных вычислительным центром.

Эти функции возлагаются главным образом на одну из машин, которая будет являться ведущей.

Рассмотрим сначала возможный порядок ввода информации в вычислительный центр.

Все задачи, передаваемые для решения на вычислительный центр, поступают прежде всего в ведущую машину. Информация об этих задачах может записываться, например, на магнитную ленту, которая затем устанавливается во внешнее устройство машины. На ленте содержится информация не об одной очередной задаче, а о целой их группе — ска-

жем, обо всех задачах, поступивших на центр до определенного часа. Таким образом, подготовленные задачи будут вводиться не по мере освоения оборудования, как это делается сейчас, а по мере поступления задач.

Информация о каждой задаче должна состоять из двух частей: содержательной, где записана формулировка задачи, и технологической, в которой имеются порядковый номер, указания о срочности задачи и о важности контроля результатов, сведения о том, является ли та или иная задача единичной или в дальнейшем предполагается ее повторение, и т. п.

Содержательная часть информации о некоторой задаче может быть записана как программа, составленная в общем виде (в буквах); но вместо этого можно записать либо алгоритм решения задачи в операторной форме (что является большей частью исходной информацией для современных программирующих программ), либо даже еще более краткую формулировку задачи в символах, близких к общепринятым математическим символам.

Для реальной задачи в различных ее частях будут, вероятно, применяться все три способа записи.

Предполагается, что автоматизацию программирования в автоматическом вычислительном центре удастся осуществить в значительно большем объеме, чем это делается в настоящее время при помощи программирующих программ.

Работы по автоматическому программированию, проводимые в настоящее время, наталкиваются на две существенные трудности. Прежде всего, программирующую программу приходится строить так, чтобы некоторая вычислительная машина составляла по ней программу сама для себя.

Между тем программирование для какой-либо машины удобнее было бы вести при помощи другой, более мощной машины. Вторая трудность связана с тем, что распространенные сейчас типы машин не приспособлены для автоматического программирования. Они строились в расчете на выполнение программирования вручную.

Оба эти затруднения можно преодолеть при создании автоматического вычислительного центра. Если ведущая машина, которая в основном будет выполнять программирование, по типу не отличается от других имеющихся в нем машин, то для выполнения программирования она сможет привлекать часть оборудования других машин (блок оперативной памяти, магнитные ленты и т. д.) либо даже передавать этим машинам целиком некоторые части задачи по составлению программы.

Краткая формулировка некоторой части задачи в символах может применяться в случае, если для этой части задачи имеются уже разработанные алгоритмы решения. Эти алгоритмы в почти готовом виде должны быть заранее введены в один из блоков внешней памяти ведущей машины, где они постоянно хранятся в операторной форме (библиотека стандартных алгоритмов). Для некоторых случаев в библиотеке может храниться несколько вариантов алгоритма, например для решения систем алгебраических уравнений, систем обыкновенных дифференциальных уравнений и т. д. Каждый вариант при этом должен сопровождаться дополнительными сведениями о границах его применимости, о зависимостях, скажем, необходимого для его реализации числа ячеек памяти и количества операций, от порядка системы уравнений, может быть, от соотношения коэффициентов и т. д.

Получив информацию о некоторой части задачи в виде краткой математической формулировки, ведущая машина должна будет прежде всего подобрать подходящие алгоритмы из библиотеки и оценить количество оборудования и время, необходимое для их осуществления. При этом, может быть, придется на некоторое время сохранить в оперативной памяти ведущей машины сведения о нескольких возможных вариантах выбора алгоритмов. В избранный алгоритм в дальнейшем нужно будет внести конкретные сведения, скажем, о порядке системы уравнений, о количестве циклов итераций и т. д. Эту работу имеет смысл проводить после того, как окончательно будет выбран один определенный алгоритм.

Таким образом, случай, когда исходная информация поступает в виде краткой математической формулировки, в конечном итоге будет сведен к тому случаю, когда исходная информация поступает сразу в виде готового алгоритма. Непосредственно в этой форме исходную информацию нужно будет готовить для не имеющих библиотечных алгоритмов частей программы. В такой же форме исходная информация может передаваться, если предполагается, что стандартные алгоритмы не подходят для данного конкретного случая.

Наконец, исходную информацию в виде готовой программы (в буквах) имеет смысл вводить тогда, когда человек, подготавливающий задачу, полагает, что проще ему самому составить программу какой-либо части задачи со сложной логикой, чем объяснять машине, как это сделать. К такой форме записи информации машина все равно перейдет от операторной записи алгоритмов, пользуясь библиотекой стандартных подпрограмм и программирующей программой в современном смысле. При этом опять-таки возможно несколько вариантов (например, при выборе стандартных подпрограмм из библиотеки).

Прежде чем окончательно уточнить алгоритм, произвести окончательный выбор стандартных подпрограмм, перейти от буквенной записи программы к числовым кодам и передать готовую программу той машине, которая будет ее выполнять, ведущая машина должна будет проделать еще одну важную часть работы. Она заключается в общей оценке сложности задачи для различных возможных вариантов ее решения, в их сопоставлении с технологической частью информации о данной задаче и с аналогичными сведениями о других задачах, а также со сведениями о состоянии оборудования вычислительного центра (его загрузке, работоспособности и т. д.). Откуда берутся последние данные, мы скажем несколько позже. На основе таких сопоставлений по ряду критериев принимается решение о том, когда, на каких машинах и с каким составом оборудования будут решаться имеющиеся задачи, какой из возможных вариантов выбора алгоритма и стандартных подпрограмм должен быть принят для каждой из задач и как по каждой задаче будет организован контроль. Такое решение должно обеспечить, с одной стороны, справедливую очередность (с учетом времени поступления и указаний о срочности той или иной задачи), с другой — наибольшую производительность вычислительного центра. Последнее означает, что к началу решения какой-нибудь задачи нужно закончить подготовку программы для нее, освободить все необходимое оборудование, подготовить цепи коммутации и т. д. При этом время простоя тех или иных устройств должно быть минимальным, а избранные алгоритмы для решения задач должны наилучшим образом соответствовать наличному составу оборудования.

Возможны ситуации, когда оптимальные алгоритмы для одной и той же задачи в разных условиях будут разными. Например, если одновременно с решением данной задачи на других машинах идут задачи, для которых не требуется большого объема памяти, то может быть выбран алгоритм, обеспечивающий максимальную скорость, но требующий большого количества ячеек памяти. В другом случае, возможно, не имеет смысла ждать освобождения дополнительных блоков памяти, а лучше решать задачу более длительным путем.

Существенное влияние на эти решения оказывает соотношение между исправным и находящимся в ремонте оборудованием. Необходимо всегда иметь некий прогноз в отношении исправности оборудования и некоторый резерв. В качестве резерва лучше иметь не специально запасное оборудование (которое фактически плохо использовалось бы), а запасные варианты порядка следования задач, способов организации контроля вычислений и т. д.

Таким образом, вычислительный центр будет представлять собой сложную самонастраивающуюся систему, в которой выбор алгоритма работы определяется исходя из условий достижения максимальной производительности, с учетом как внешних показателей (имеющихся в данное время задач), так и внутреннего состояния системы.

Критерии, по которым производится выбор алгоритмов, могут быть заданы заранее, но могут и уточняться в процессе работы. Уточнения в первую очередь потребуют численные характеристики различных алгоритмов: время, необходимое для счета по данному алгоритму, время, в течение которого будет занято то или иное оборудование, и т. д. Внесение подобного рода уточнений содержит некоторые элементы самообучения.

Но процесс самообучения, возможно, удастся применить и шире. Легко представить себе, например, что при переходе от операторной записи алгоритма к общему виду программы ведущая машина одновременно будет учитывать, насколько часто встречаются те или иные комбинации операторов. Для наиболее часто встречающихся комбинаций соответствующие части программы могут быть затем внесены в библиотеку стандартных подпрограмм.

Предлагая каждый раз для какого-нибудь оператора или какой-либо комбинации операторов несколько вариантов замены стандартными библиотечными подпрограммами, можно было бы одновременно анализировать, в каких ситуациях какой из вариантов оказывается оптимальным. В дальнейшем этими данными можно воспользоваться для того, чтобы сразу выбирать оптимальный вариант.

Аналогичный процесс самообучения имеет смысл предусмотреть и на этапе преобразования исходной информации из записи, сделанной в виде краткой математической формулировки, в операторную запись алгоритма.

Возможно, что программу самообучения можно будет пополнять. Новые разделы следует вводить после того, как хорошо «усвоены» и «закреплены» прежние разделы, т. е. когда у ведущей машины появляются достаточные резервы времени, чтобы заниматься дальнейшим «самообразованием».

Важно отметить, что вычислительный центр будет не только самонастраивающейся и самообучающейся, но также и *самоорганизующейся* системой, поскольку в зависимости от внешней обстановки и внутреннего состояния системы изменяются не только ее оптимальные алгоритмы, но и ее внутренняя структура — принадлежность тех или иных устройств к определенным машинам, схема коммутации и т. д.

Особо следует остановиться на том, каким образом при создании автоматического вычислительного центра могут быть реализованы контроль исправности оборудования, его профилактика и ремонт.

В современных вычислительных машинах основными методами контроля операций являются автономный аппаратный контроль отдельных устройств (например, контроль по четности для запоминающих устройств, контроль по модулю 3 или 7 для арифметических устройств и т. д.) и двойной просчет задач, выполняемый по одной и той же программе, но в разное время.

В автоматическом вычислительном центре место двойного просчета должен занять *взаимный контроль машин*. Этот метод, во-первых, надежнее, чем метод двойного просчета, так как вероятность возникновения одинаковых ошибок на двух разных машинах, очевидно, значительно меньше, чем вероятность повторения одной и той же ошибки при совершении одинаковых операций одной машиной. Во-вторых, он выгоден тем, что контролирующая машина может в принципе включаться в работу и выключаться из нее на любом этапе вычислений. Если контролирующая машина включена все время, то сигнал о расхождении результатов можно получить сразу же вслед за появлением этого расхождения, а не после получения конечных результатов (как это происходит при двойном просчете). Наконец, получение разных результатов при двойном просчете указывает только на наличие ошибки, но в общем случае не дает возможности определить, какой из двух результатов правилен. При взаимном контроле, вслед за получением расходящихся результатов можно на обеих машинах пустить тестовые задачи. Та из машин, которая правильно решает тесты, по всей видимости, дала верный результат и в основной задаче. В другом варианте в качестве арбитра могла бы привлекаться третья машина.

Тест-программы должны вклиниваться в промежутки между счетом основных задач не только при возникновении неисправностей, но и с профилактическими целями, через определенные интервалы времени. Автоматический профилактический контроль будет особенно эффективным, если предусмотреть программируемое изменение питающих напряжений на отдельных устройствах, а также возможность автоматического измерения питающих напряжений и ввода их значений в оперативную память ведущей машины через преобразователи «напряжение — цифра». Наряду с этим возможны программируемые изменения тактовой частоты, имитация внешних помех и т. д. Применяя метод взаимного контроля, можно будет точно указать, при каких режимах и

операциях то или иное устройство дает сбой. Возможно, что специальные контрольные программы позволят с большей или меньшей уверенностью указать место, где возникают сбои (ячейка, блок и т. д.).

По результатам профилактических проверок и данным о сбоях в рабочем режиме ведущая машина сможет принять решение о выводе в ремонт тех или иных устройств. Приняв такое решение, ведущая машина перестает загружать какими-либо операциями оборудование, требующее ремонта, и через свое выходное устройство дает информацию о том, какое устройство и по каким причинам выведено в ремонт. Такая информация должна содержать возможно более полное описание обнаруженных неисправностей.

На тех же принципах строится контроль исправности и самой ведущей машины. При обнаружении сбоев, даже в наиболее тяжелых комбинациях отклонений питающих напряжений, ведущая машина должна либо заменить часть своих устройств другими, либо передать свои функции другой машине. После этого в течение некоторого времени она еще может использоваться в качестве рядовой машины; но роль ведущей машины для этого слишком ответственна.

Кроме информации об оборудовании, выводимом в ремонт, через выходное устройство ведущей машины должна постоянно поступать также информация о том, по каким задачам ведутся вычисления в данный момент, когда предполагается начать решение других имеющихся задач, в каком состоянии находится оборудование вычислительного центра (например, в каких пределах изменения питающих напряжений сохраняется работоспособность отдельных устройств и др.). В некоторых случаях, возможно, нужно будет требовать, чтобы ведущая машина сообщала, какие методы решения избраны для тех или иных задач (алгоритмы, подпрограммы), как организован их контроль и т. п.

Создание автоматического вычислительного центра — задача большая и сложная. Много крупных и мелких вопросов нужно будет решить, много серьезных затруднений преодолеть. Решение такой проблемы потребует длительного, напряженного и целеустремленного труда большого коллектива инженеров, программистов, математиков и работников других специальностей. Но никаких принципиальных препятствий для решения этой проблемы нет. Ее практическое и теоретическое значение несомненно.

*Опубликовано в сборнике № 11
«Вестник АН СССР»,
1962. С. 71—78*

3.3. Арифметика цифровых машин

Карцев М. А.

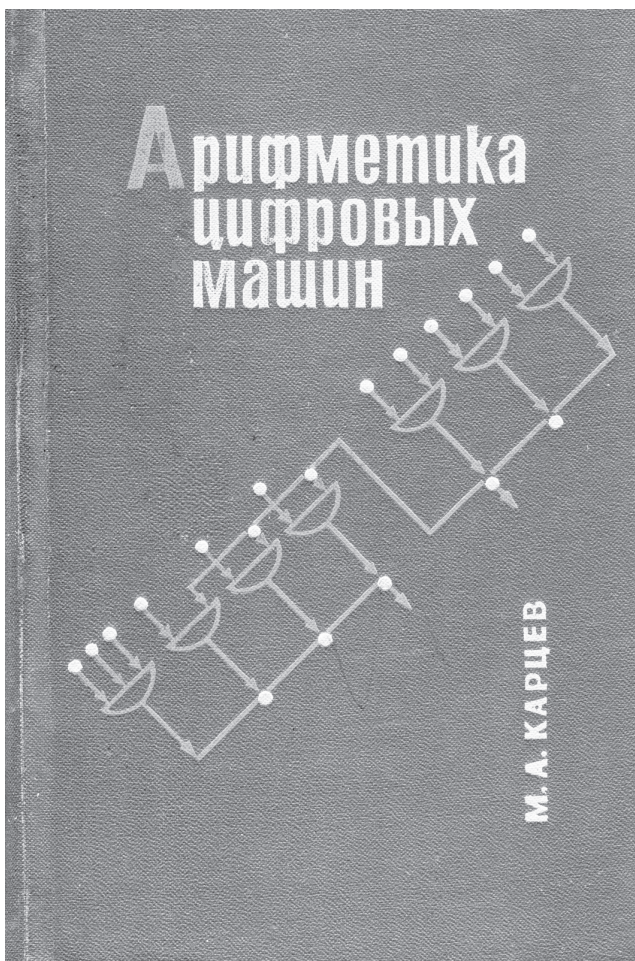


Рис. 3.20. Монография «Арифметика цифровых машин»

Аннотация

В книге (рис. 3.20) рассмотрен комплекс теоретических и практических вопросов, связанных с проектированием арифметических устройств электронных цифровых машин.

Рассмотрены способы представления чисел в машинах, влияние различных решений на количество оборудования и скорость выполнения операций в машине. Дано обобщение понятия системы счисления на дробные основания, введено понятие способов кодирования, близких к позиционным с естественными весами разрядов. Приведены способы двоичного кодирования десятичных цифр, помехозащищенные и рефлексные коды.

Далее рассмотрены сумматоры, счетчики и другие схемы выполнения элементарных операций; приводятся минимальные схемы двоичного сумматора, обобщение понятия комбинационного сумматора на случаи использования синхронных элементов, схемы счетчиков на многопозиционных полусчетных кольцах, схемы, основанные на принципе подвижных блокировок, а также способы ускорения суммирования.

Излагаются аппаратные способы выполнения сложения, вычитания, умножения, деления, извлечения корня, перевода чисел из одной системы счисления в другую и других операций. Для умножения рассмотрены логические методы ускорения, аппаратные методы ускорения в последовательных и параллельных устройствах; даны предельные оценки для логических методов и аппаратных методов 1-го порядка. Аналогичные методы рассмотрены и для деления. В заключение приведены соображения по формированию списка арифметических операций электронной цифровой машины.

Библиографических ссылок 340 назв., 101 рисунок, 16 таблиц.

Предисловие

По основному содержанию и даже по расположению глав настоящая книга напоминает предыдущую работу автора, посвященную той же теме¹. Объем ее, однако, значительно больше.

Предметом изучения в книге является комплекс логических, математических и технических вопросов, относящихся к построению арифметических цепей электронных цифровых машин. При этом *арифметическими мы называем те цепи цифровой вычислительной машины, где непосредственно происходит образование новой информации*. Во всех других цепях машины (запоминающих, входных и выходных, управляющих) производится лишь перемещение информации во времени или пространстве, изменение физической формы сигналов и т. д., но никакая новая информация не возникает.

¹ Карцев М. А. Арифметические устройства электронных цифровых машин. Физматгиз, 1958.

Разумеется, с точки зрения теории связи такое определение не выдерживает критики. Выходная информация арифметических цепей однозначно определена той информацией (исходными данными и командами управления), которая поступает на входы этих цепей. Поскольку никакой неопределенности здесь нет, то нет, казалось бы, и источника новой информации. Если строго следовать представлениям теории связи, то новая информация в вычислительной машине может возникнуть разве что в результате случайных сбоев.

Все дело в том, однако, что закон образования выходной информации чрезвычайно сложен. С точки зрения потребителя, если бы можно было заранее определить, какие данные должны получиться на выходе машины, то незачем было бы вообще пользоваться машиной. Принципиально ситуация здесь не очень сильно отличается от тех ситуаций, которые мы считаем классическими примерами случайных событий; скажем, если бы мы могли с достаточной точностью измерить начальные условия при бросании монеты и найти достаточно точное решение уравнения ее движения, то выпадение герба оказалось бы вполне детерминированным событием; однако закономерности, влияющие на исход бросания монеты, настолько сложны, что мы предпочитаем считать это событие случайным.

Таким образом, выходная информация вычислительной машины является именно новой информацией, и источником ее внутри машины являются арифметические цепи. При этом нас не должно смущать то обстоятельство, что «новая» в указанном смысле информация возникает лишь в результате длинной последовательности вычислений, а каждая отдельная операция, выполняемая сумматором, цепью сдвигов и т. д. и даже арифметическим устройством в целом, дает вполне детерминированный результат.

В этой книге мы не раз еще столкнемся с тем, что понятия и выводы теории связи нельзя однозначно переносить в вычислительную технику, как это пытаются делать иногда, хотя эти области техники действительно во многом близки между собой.

Определение наше имеет и другие недостатки. Приняв его формально, мы иногда встретились бы со значительными трудностями в решении вопроса о том, является ли некоторая конкретная цепь арифметической или нет. Скажем, числовой регистр арифметического устройства выполняет в основном функции кратковременного запоминания информации и все же включается нами в состав арифметических цепей. В то же время, скажем, дешифратор адресов в запоминающем устрой-

стве, превращающий двоичный код адреса в позиционный, мы не относим к арифметическим цепям, поскольку целью этих операций является формирование сигналов выборки определенной ячейки памяти, а не формирование новой информации.

Тем не менее автор надеется, что у читателей не возникнет особых сомнений относительно предмета данной книги. Фактически определение того, какие цепи называются арифметическими, не играет никакой роли в последующем изложении. Там, где это важно по существу, мы постараемся давать более точные определения.

Вообще стройной и последовательной теории арифметических цепей пока не существует. Такая теория будет создана, возможно, в будущем, в пограничной между математикой и вычислительной техникой области — подобно теории информации, лежащей на границе между математикой и техникой связи, или теоретической электротехнике, объединяющей физику и прикладную электротехнику, и другим дисциплинам аналогичного профиля. Пока что эта книга — одна из очередных попыток более или менее систематического изложения того, что уже сделано в этом направлении.

Естественно, что при этом на отбор материала, последовательность и методику изложения могли повлиять субъективные взгляды автора. Так, например, в книге почти не нашли отражения вопросы применения специальных мер для повышения надежности арифметических устройств.

Почти не имея собственных результатов в этой области, автор не считал себя вправе просто пересказывать выводы чужих работ. Все-таки эта книга — не энциклопедия по арифметическим устройствам, хотя временами может показаться, что она претендует на эту роль.

В конце книги помещена библиография книг и журнальных статей по арифметическим устройствам и по смежным вопросам, составленная А. В. Гольдбергом. Библиография охватывает в основном работы последних 5–7 лет. Ссылки на оригинальные работы приводятся в подстрочных примечаниях в тексте.

В заключение хотелось бы выразить признательность В. А. Брику и Н. П. Брусенцову, прочитавшим в рукописи всю книгу, а также многим другим товарищам, которые читали отдельные ее части. Их предложения помогли существенно улучшить книгу. Автор был бы благодарен также за любые замечания, которые сочли бы нужным высказать читатели.

Опубликовано:

*Главная редакция физико-математической
литературы издательства «Наука»,
М., 1969. 576 с.*

3.4. Архитектура цифровых вычислительных машин

Карцев М. А.

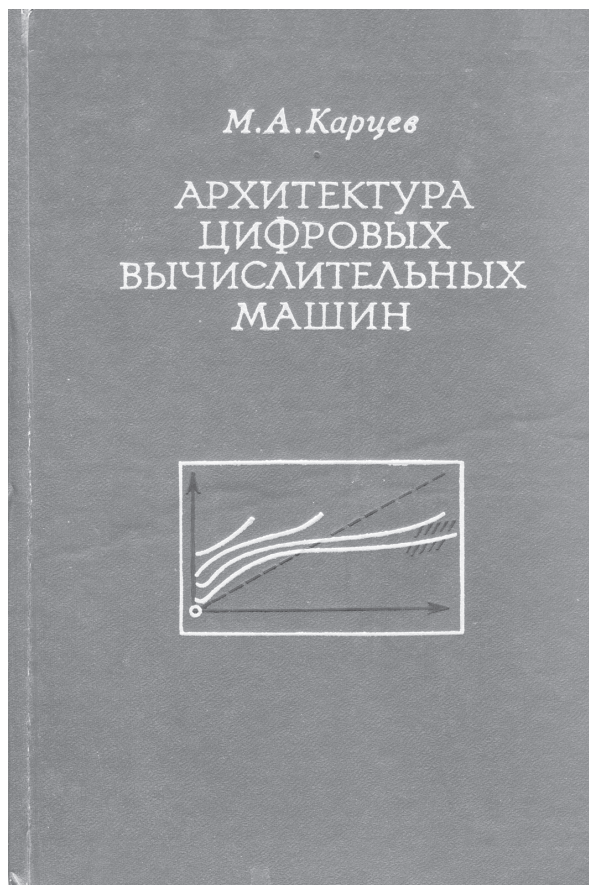


Рис. 3.21. Монография «Архитектура цифровых вычислительных машин»

Аннотация

В книге (рис. 3.21) рассмотрены проблемы, связанные с общим построением цифровых вычислительных машин. Проведено сравнение различных вариантов структуры, машинных языков, методов использования вычислительных машин, построения системы прерываний,

организации временной диаграммы машины. Показано, как решение этих вопросов влияет на общие характеристики машины и на область задач, доступных для решения на ней. Детально рассмотрено построение иерархической памяти, выведены соотношения, связывающие параметры центрального процессора и запоминающих устройств разных уровней памяти. Изложены вопросы организации главной памяти, организации внешнего обмена.

Книга предназначена для инженеров и научных работников, а также студентов старших курсов вузов и аспирантов, специализирующихся по вычислительной технике, системному программированию, автоматизированным системам управления и в других смежных областях.

Предисловие

Архитектурой цифровой вычислительной машины называют совокупность ее свойств и характеристик, рассматриваемую с точки зрения пользователя машины.

Пользователя вычислительной машины в первую очередь интересуют, конечно, такие характеристики машины, как круг задач, доступных для решения на ней, языки программирования, возможности операционной системы, в частности возможность организации диалогового режима, организация работы с файлами и т. п., быстродействие, объем памяти, состав внешних устройств, стоимость машины или стоимость машинного времени. В меньшей степени его волнует организация технического обслуживания и уж совсем не интересуют, как правило, такие вопросы, как структура отдельных устройств машины, элементная и технологическая база, конструктивные особенности и т. п.

Однако эта книга адресована в первую очередь не пользователям, а создателям вычислительных машин. Подобно этому архитектура жилого дома или общественного здания создается, конечно, для людей, которые будут здесь жить, работать и отдыхать, но книги по архитектуре на профессиональном уровне предназначены все-таки в первую очередь для архитекторов и строителей.

Мы попытаемся в этой книге показать, как те или иные структурные особенности вычислительной машины связаны с возможностями, предоставляемыми пользователю, какие альтернативы имеются при создании машины и по каким критериям должны приниматься те или иные решения, как связаны между собой характеристики отдельных устройств, входящих в состав машины, и какое влияние они оказывают на общие характеристики машины. Иначе говоря, мы рассмотрим здесь

комплекс проблем, относящихся к общему проектированию цифровых вычислительных машин.

Можно спорить о том, насколько хорошо подходит слово «архитектура» для обозначения этого круга вопросов, но автору такая дискуссия не кажется достаточно содержательной.

Другое возражение, которое может вызвать направление этой книги, представляется более серьезным. Современные вычислительные машины отличаются друг от друга по своей архитектуре все еще очень сильно — гораздо сильнее, чем отличаются один от другого, например, легковые автомобили разных марок. Это различие создает, конечно, определенные затруднения для пользователей. Целесообразно ли в этих условиях заниматься и в будущем разработкой структуры вычислительных машин «от нуля»? Не лучше ли стандартизовать одну какую-либо структуру, например структуру вычислительных машин IBM/360, воспроизведенную затем рядом западноевропейских фирм, а также в отечественных разработках ЕС ЭВМ и АСВТ и в серии IBM/370, и дальше лишь повторять эту структуру?

На возражения такого рода автор ответил бы следующим образом.

Структура вычислительной машины существенным образом связана с теми техническими средствами, которые предполагается использовать при построении машины. Поскольку эти технические средства продолжают развиваться быстрыми темпами, постольку необходимо и дальнейшее развитие структур вычислительных машин. В частности, в настоящее время осуществляется переход от машин 3-го поколения к вычислительным машинам 4-го поколения. Технической базой машин 4-го поколения будут большие интегральные схемы и, возможно, микропроцессоры, и их структура, скорее всего, будет отличаться наличием в составе машины большого числа однородных процессоров. Ни одно построение современной вычислительной машины 3-го поколения без существенных изменений все равно не подошло бы для таких машин, а попытки сохранить в какой-нибудь мере заранее выбранную структуру были бы только тормозом для дальнейшего развития вычислительной техники.

Другая сторона этого вопроса состоит в том, что в структурной совместимости машин разных моделей, в частности в преемственности структуры новых моделей машин по отношению к старым, на современном этапе разработчики машин заинтересованы больше, чем пользователи. Пока пользовательские программы составлялись непосредственно на машинном языке или на близком к машинному языку автокоде,

проблемы совместимости стояли для пользователей очень остро; отказ от машины определенного типа и переход на более современную, но не совместимую с прежней машиной был для пользователя весьма болезненным процессом. Теперь, когда для составления пользовательских программ используются в основном проблемно ориентированные языки высокого уровня — такие, как Алгол-60, Фортран, Кобол и др., структура вычислительной машины не играет для пользователя особой роли, если только ее программное обеспечение или аппаратные средства обеспечивают совместимость на уровне этих языков. Машинными и машинно-ориентированными языками в настоящее время пользуются главным образом системные программисты — разработчики программного обеспечения. Таким образом, требование структурной совместимости различных моделей машин в значительной мере отражает собственные интересы создателей этих машин.

Проблемы, рассматриваемые в настоящей книге, относятся в основном к современным машинам — машинам 3-го поколения. В меньшей степени затрагиваются те вопросы, которые считались весьма актуальными в период создания вычислительных машин 1-го и 2-го поколений; они рассматриваются отчасти в историческом плане, но главным образом в той мере, в которой их актуальность сохранилась и сейчас.

Почти полностью обходятся молчанием вопросы, связанные с построением многомашинных комплексов и многопроцессорных систем, хотя актуальность этих вопросов не вызывает сомнения. Сделано это сознательно, поскольку естественные ограничения на объем книги все равно не позволили бы уделить им того внимания, которого они заслуживают, а их даже поверхностное рассмотрение потребовало бы сократить широту охвата и глубину изучения вопросов, составляющих основное содержание книги. В то же время, по мнению автора, те проблемы, которые вошли в книгу, не утратят своего значения и для машин 4-го поколения, а критерии их решения и конкретные технические решения, предлагаемые в книге, не потребуют серьезного пересмотра.

Книга рассчитана в основном на подготовленного читателя, имеющего определенные знания в вычислительной технике: она обращена к инженерам и научным сотрудникам, работающим в этой области, аспирантам и студентам старших курсов вузов соответствующих специальностей; но она написана так, чтобы и специалисты смежных областей могли прочесть ее без особых затруднений — может быть, с меньшей пользой для себя, чем мог бы извлечь специалист в вычислительной технике; для этого в ней коротко, но все же объясняются даже самые элементарные понятия.

Хотя современная вычислительная машина создается обычно единым коллективом, в котором на равных правах и в тесном контакте между собой работают специалисты по аппаратной части и по программному обеспечению¹, и хотя вопросы, решаемые этими группами специалистов, на самом деле неразделимы, в книге архитектура вычислительных машин рассматривается в основном с позиций специалиста по аппаратной части. В этом сказались вкусы и опыт работы автора.

Некоторые положения и выводы, содержащиеся в книге, носят, возможно, дискуссионный характер. Автор был бы благодарен читателям за все замечания, которые они сочли бы возможным высказать по поводу ее содержания.

Опубликовано:

*Главная редакция физико-математической
литературы издательства «Наука». М., 1978*

¹ Английские термины hardware и software.

3.5. Вопросы построения многопроцессорных вычислительных систем

Карцев М.А.

Рассматриваются структуры и способы организации управления в многопроцессорных вычислительных системах, особенности построения оперативной памяти, а также вопросы, связанные с осуществлением режима массового обслуживания (путем разделения оборудования и времени) в многопроцессорной системе.

В недавнем прошлом повышение производительности вычислительных средств достигалось в первую очередь за счет увеличения быстродействия физических элементов вычислительной машины и за счет усовершенствования структуры вычислительной машины и методов выполнения операций. Два обстоятельства в настоящее время выдвинули на передний план проблему повышения производительности путем объединения нескольких обрабатывающих устройств в единую систему: недостижимость пропорционального увеличения скорости машины выше определенного предела при увеличении скоростей отдельных элементов (из-за конечности скорости распространения электрических сигналов) и повышение надежности вычислительной техники, создавшее реальную возможность построения многопроцессорных систем.

В настоящей статье рассматриваются некоторые идеи, связанные с созданием многопроцессорных систем.

Организация управления и связей между процессорами в многопроцессорной системе

С точки зрения организации управления в системе и связей между обрабатывающими устройствами (процессорами) можно разделить многопроцессорные системы на четыре типа, различающиеся степенью связанности входящих в них устройств обработки информации.

1. Асинхронная система вычислительных машин — система с наиболее слабыми связями. Для нее характерны наличие отдельной программы (и, следовательно, отдельного устройства управления) для каждого из процессоров и независимый ритм работы процессоров. Обмен информацией между процессорами возможен либо через их внешние каналы, либо через общую память, либо по специальному каналу связи; однако в любом случае требуется предварительная синхронизация процессоров (которая осуществляется, например, через системы прерывания, или

через устройство организации очереди при обращениях к общей памяти, или путем выполнения специальных операций) и ожидание одними процессорами готовности других процессоров.

Асинхронными являются, например, системы машин CDC-3600 и CDC-6600 [1, 2], возможные объединения машин IBM-360 [3], однородные вычислительные системы, рассматриваемые в книге Э. В. Евреинова и Ю. Г. Косарева [4].

II. Синхронная система вычислительных машин, как и асинхронная, предусматривает отдельные программы и отдельные устройства управления для каждого процессора, но имеет общий для всех процессоров ритм работы, определяемый единым задающим генератором.

На отдельных участках программы синхронная система может работать так же, как асинхронная. Однако, когда это необходимо, между прохождением команд в различных процессорах устанавливается синхронизм (через системы прерывания, или путем выполнения групповой передачи управления, или каким-либо другим способом), после чего программа работы системы может быть представлена в виде «партитуры», в которой указано, какие операции выполняются в каждом такте в различных процессорах. Обмен информацией между процессорами может при этом производиться в каждом такте без какой-либо дополнительной синхронизации (либо по специальным каналам связи, либо путем обращений к общей памяти, но без устройства организации очереди); никаких сигналов запроса от одних процессоров к другим и ответов о готовности не требуется, так же как нет необходимости в ожидании одними процессорами других.

III. Система с общим управлением представляет собой следующий шаг на пути усиления связей между процессорами по сравнению с синхронной системой. Арифметические и запоминающие устройства процессоров связаны с одним устройством управления и управляются общими командами; отдельный (асинхронный) режим работы процессоров, когда каждый из них выполняет свой относительно независимый участок алгоритма, здесь невозможен.

Известна такая разновидность системы с общим управлением, в которой устройство управления прочитывает команды быстрее, чем их может выполнить каждый отдельный процессор; прочитав очередную команду, устройство управления проверяет, не требуются ли для ее выполнения результаты предыдущих, еще не законченных операций, и, если возможно, передает ее исполнение свободному процессору. Программа при этом однолинейная — такая же, как для обычной однопроцессорной машины.

Однако такая система использовалась бы более эффективно, если бы в одной команде имелось сразу несколько кодов операций, предназначенных каждый для своего процессора, а относительно каждого такта было бы заранее известно, какую операцию должны выполнять в нем все имеющиеся процессоры. Исследование программы и распределение работы между процессорами при этом нужно отнести не к этапу исполнения программы, а к этапу ее трансляции на машинный язык либо еще раньше — к этапу программирования.

IV. Система с общим кодом операции связана еще сильнее, чем система типа III. Несколько процессоров соединены с общим устройством управления так, что все они выполняют одновременно одну и ту же команду — каждый над своими операндами.

Системами такого типа являются, например, разработки SOLOMON и ILLIAC IV [5, 6], ведущиеся в США.

Некоторое усовершенствование этого принципа состоит в том, что имеется дополнительное «геометрическое управление», которое может отключать часть процессоров либо подключать каждый процессор к одной из нескольких команд, передаваемых одновременно в каждом такте устройством управления.

Системы SOLOMON и ILLIAC IV могут быть эффективно использованы в тех и, пожалуй, только в тех случаях, когда решение задачи сводится в основном к выполнению крупных групповых операций.

Однако возможности подобной системы могут быть значительно расширены следующим образом. Наличие общего для всех процессоров кода операции в команде не означает, что на все процессоры при исполнении данной команды обязательно должны поступать одинаковые управляющие сигналы. Небольшое усложнение в устройстве управления позволит при расшифровке некоторых кодов операций формировать отдельные сигналы управления для различных процессоров — подобно тому, как в обычной вычислительной машине параллельного типа устройство управления, расшифровав, например, код операции «умножение», формирует различные сигналы управления для старших, промежуточных и младшего разрядов арифметического устройства.

При этом система процессоров может рассматриваться как единый процессор, оперирующий не с отдельными числами, а с более сложными объектами: многомерными векторами, представленными своими компонентами, или функциями, представленными значениями в отдельных точках. Некоторые операции — например, сложение или вычитание функций (векторов) — выполняются независимо и однотипно по

всем ординатам (компонентам вектора) и, по существу, не отличаются от групповых операций над отдельными числами; при других операциях — например, сдвиг функции по абсциссе, численное дифференцирование и интегрирование, отыскание наибольшего (наименьшего) значения и др. — выполнение их различными процессорами (например, крайним левым, промежуточными и крайним правым, если речь идет о функциях одной переменной) несколько отличается друг от друга.

При попытке практического осуществления вычислительной системы, в особенности если она предназначается для решения широкого класса задач, конструктор очень легко убеждается, что любой из перечисленных выше четырех способов объединения процессоров выгоден лишь при небольшом количестве объединяемых процессоров.

Использование асинхронной системы (системы типа I) требует разделения алгоритма на ряд независимых ветвей. Поскольку для обмена информацией необходимо каждый раз сначала затратить некоторое время на ожидание окончания своего участка программы каждым из процессоров, участвующих в обмене, затем на установление синхронизма и, наконец, собственно на обмен информацией, желательно, чтобы ветви алгоритма, выполняемые различными процессорами независимо (без обмена информацией), были возможно длиннее.

Пропускная способность каналов связи между процессорами обычно ограничена конструктивными соображениями: в некоторых случаях предусматриваются только цепи связи между соседними процессорами (а более далекие обмены должны выполняться в несколько шагов), в других случаях предусматривается всего одна магистраль, по которой в каждый момент времени может передаваться информация от одного какого-либо процессора. Чем уже канал связи между процессорами, тем длиннее должны быть независимые ветви вычислений и тем меньше должно быть количество информации, передаваемой от одного процессора к другому по окончании такого участка программы. Однако при этом на первый план выдвигаются потери производительности, связанные с неравномерностью ветвей программы и, следовательно, с неполной загрузкой большинства процессоров.

Практически оказывается, что для широкого круга задач (кроме специально подобранных) уже при объединении 4–5 процессоров в асинхронную систему потери времени на ожидание (неравномерность ветвей программы), синхронизацию и собственно обмен информацией могут достигать 20–25 % в среднем на каждый процессор (то есть из 4–5 процессоров один как бы всегда простаивает), а с ростом количества процессоров эти потери довольно быстро возрастают.

В другом крайнем варианте, в системе с общим кодом операции (система типа IV), наиболее эффективное использование процессоров достигается, когда их количество соответствует характеристикам решаемой задачи. Например, систему, состоящую из N расположенных в одну линию процессоров, удобно использовать для решения систем линейных уравнений N -го порядка, операций с N -мерными векторами и массивами, содержащими по N чисел, для интегрирования уравнений в частных производных методом сеток, когда сетка прямоугольная и одна из сторон сетки содержит ровно N узлов, и т. д. При этом выгодно не только то, что все процессоры одинаково и полностью загружены, но также и то, что из программы вычислений исключаются операции управления, модификации адресов и др., необходимые в обычных случаях для организации цикла по N членам левой части уравнения, или по N координатам вектора, или по N узлам сетки и т. д.; в результате производительность системы оказывается более чем в N раз больше производительности одного процессора.

Однако в общем случае (кроме случая строго специализированной системы машин) нельзя ожидать такого соответствия.

Обозначим через r ранг задачи: порядок системы линейных уравнений, количество измерений векторов или количество чисел в массивах, над которыми производятся операции, и т. д. Точнее говоря, *ранг задачи* — это количество повторений независимых внутренних циклов в программе для решения данной задачи на вычислительной машине обычного типа. (Ранг задачи не является ее абсолютной характеристикой; изменение алгоритма решения позволяет преобразовать ранг задачи.)

Назовем временным коэффициентом загрузки процессоров K отношение времени, в течение которого процессор занят выполнением полезных операций, к полному времени работы системы.

Очевидно, что при решении задачи ранга r с помощью системы из N машин коэффициент загрузки в среднем для всех процессоров $\overline{K}r$ получится равным

$$\overline{K}r = \frac{r}{\left[\frac{r-1}{N} \right] + 1} \times \frac{1}{N}, \quad (1)$$

где квадратными скобками обозначена целая часть числа (ближайшее, не большее целое).

В этом выражении

$\left[\frac{r-1}{N} \right] + 1$ — где квадратными скобками обозначена целая часть чис-

ла (ближайшее, не большее целое).

В этом выражении

$\frac{1}{\left[\frac{r-1}{N} \right] + 1}$ — отношение количества циклов, необходимых при решении задачи на одной машине, к количеству циклов вычислений в N -процессорной системе.

Из равенства (1) следует, что $\bar{K}r = 1$ при любых r , если $N = 1$, а если $N \neq 1$, то при r , кратных N (в том числе, конечно, при $r = N$).

Если полагать, что вероятность появления задачи с рангом r есть p_r , а время решения ее с помощью системы из N процессоров пропорционально количеству циклов вычислений, то средний по времени коэффициент загрузки процессоров получится равным

$$K_{cp} = \frac{\sum_{(r)} \bar{K}r \left(\left[\frac{r-1}{N} \right] + 1 \right) p_r}{\sum_{(r)} \left(\left[\frac{r-1}{N} \right] + 1 \right) p_r} = \frac{1}{N} \times \frac{\sum_{(r)} r p_r}{1 + \sum_{(r)} \left[\frac{r-1}{N} \right] p_r}. \quad (2)$$

Вообще говоря, при случайных r средний коэффициент загрузки процессоров K_{cp} в системе типа IV тем больше, чем меньше количество соединенных параллельно процессоров N — так же, как в асинхронной системе (типа I).

Однако причины, по которым эффективность системы падает с ростом количества процессоров, в асинхронной системе (типа I) и в системе с общим кодом операции (типа IV) различны.

Система с общим управлением и синхронная система машин (системы типа III и II) представляют собой промежуточные решения и позволяют получить больший коэффициент загрузки процессоров, чем крайние варианты систем (типов I и IV).

В частности, система с общим управлением, но отдельными кодами операции (типа III) позволяет достигнуть повышения эффективности по сравнению с системой с общим кодом операции (типа IV) за счет возможности оперативного изменения конфигурации системы: перестройки процессоров из одной линии в прямоугольник, в две отдельные линии (причем на одной линии выполнялась бы та часть задачи, которая имеет ранг r_1 , или операции ранга r_1 , а на другой параллельно этому другая часть задачи, или операции ранга r_2) и т. д.

Синхронная система процессоров с индивидуальным управлением (типа II) еще более гибка; в ней можно, например, задействовать N_1 процессоров для выполнения одной части задачи ранга $r_1 = N_1$, или $r_1 = a_1 N_1$ (a_1 — целое), N_2 процессоров для выполнения другой части задачи ранга $r_2 = N_2$, или $r_1 = a_1 N_1$ и т. д., а полученные таким образом системы из N_1 , N_2 , ... процессоров объединить между собой аналогично тому, как объединяются отдельные процессоры в асинхронной системе.

В обоих вариантах, однако, увеличение возможностей системы достигается за счет существенной избыточности информации в программе.

Практически оказывается, что эффективно используется лишь то объединение процессоров, которое занято выполнением части задачи с большим рангом, остальные же процессоры загружаются лишь по мере возможности, а организация параллельного выполнения более двух частей задачи вызывает существенные затруднения как в том случае, когда решение этой проблемы возлагается на программирование, так и в том случае, когда она должна быть решена в процессе трансляции или исполнения программы. При этом внутри группы процессоров, занятых выполнением одной части задачи, коды операций или команды для каждого из процессоров почти одинаковы между собой; различие их обусловлено лишь разницей в местоположении каждого из процессоров внутри группы. Для тех же процессоров, которые вообще не удастся использовать в данном цикле вычислений либо в данном такте выполнения операции, коды операций или команды тоже одинаковы между собой, так как содержат комбинации, обозначающие отсутствие операций.

Различие в характере затруднений, возникающих при реализации четырех описанных выше принципов организации многопроцессорных систем, приводит к идее использования для построения системы комбинации этих принципов (рис. 3.22).

В системе, изображенной на рисунке, процессоры P сгруппированы в линии по i процессоров. Каждая такая линия связана с одной группой управляющих сигналов устройства управления U и управляется общим кодом операции — так же, как в системе типа IV.

При этом, аналогично предыдущему, не обязательно, чтобы все i процессоров линии были одинаковы между собой и чтобы они получали от устройства управления одинаковые управляющие сигналы; список операций для каждой из линий может включать как групповые операции над массивами, содержащими по i чисел, так и операции над i -мерными векторами и над функциями, заданными i значениями.

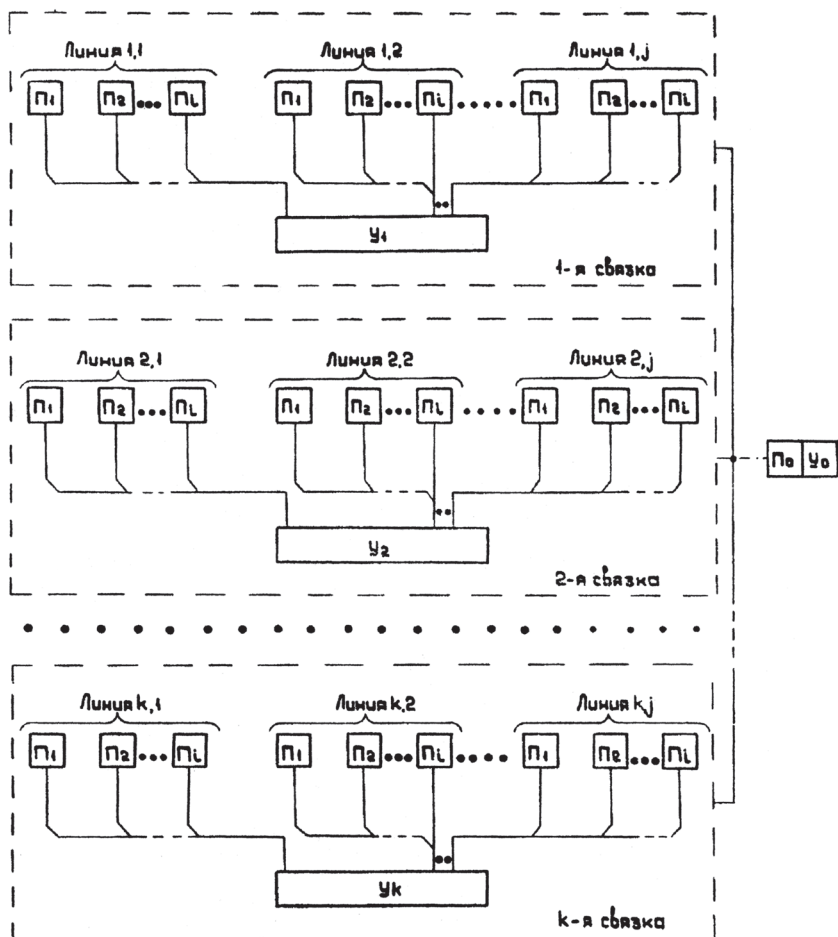


Рис. 3.22. Многопроцессорная система комбинированного типа

Далее, каждые j линий сгруппированы в связку. Все линии связки соединены с общим устройством управления, каждая команда для которого содержит j кодов операции (по одному для каждой линии), аналогично тому, как в системе типа III имелись отдельные коды операций для каждого из процессоров, присоединенных к общему управлению. Не обязательно при этом, чтобы все j линий, входящих в одну связку, были одинаковы между собой и состояли из одинакового количества процессоров.

Затем k связок образуют синхронную систему, аналогичную синхронной системе машин типа II. (Это соединение условно показано на рис. 3.22 сплошной линией.)

Наконец, синхронные объединения связок могли бы соединяться между собой в асинхронную систему типа I; на рис. 3.22 условно (штрихпунктирной линией) показано асинхронное присоединение только одного процессора P_0 со своим индивидуальным управлением Y_0 к синхронному объединению k связок. Предполагается, что процессор P_0 соединен с внешними каналами связи, через которые информация поступает в систему или выводится из нее. Если бы внешние связи были присоединены непосредственно к процессорам синхронной системы, то выполнение однократного обмена какого-либо процессора с внешним абонентом требовало бы приостановки всей системы (иначе был бы потерян синхронизм в работе процессоров). Процессор P_0 , работающий в независимом ритме, может произвести накопление, предварительное редактирование и подготовку информации, не останавливая всю систему.

Система, изображенная на рис. 3.22, содержит $(ijk + 1)$ процессоров и при этом позволяет получить значительно больший коэффициент загрузки, чем любая система, содержащая такое же количество процессоров, но построенная по какому-нибудь из крайних принципов (типа I или IV). В то же время она требует меньшей избыточности информации в программе и выдвигает меньшие трудности перед программистом (или транслятором), чем системы промежуточного типа (типа II или III).

Некоторые другие пути повышения эффективности многопроцессорной системы обсуждаются ниже.

Организация памяти

Оставляя пока в стороне вопросы, связанные с организацией иерархической системы памяти нескольких уровней, займемся организацией основного уровня — оперативной памяти.

Рассмотрим сначала систему с общим кодом операции (типа IV). Ее построение позволяет получить существенную экономию количества информации в программе по сравнению, например, с однопроцессорной машиной или многопроцессорными системами других видов, поскольку одна команда управляет сразу большим количеством (i) процессоров. Однако при этом возникают затруднения в обеспечении операндами всех одновременно работающих процессоров.

Задача эта может быть решена, например, следующим образом.

Оперативное запоминающее устройство современной машины состоит обычно из большого количества одинаковых блоков, каждый из которых обеспечивает возможность одноразового обращения за одним числом. Во многих случаях ячейки запоминающего устройства занумерованы так, чтобы номер блока указывался младшими разрядами адреса; при этом обращения к последовательным ячейкам адресуются к различным блокам запоминающего устройства, что необходимо, может быть, для получения выигрыша в быстродействии.

Предположим теперь, что количество блоков запоминающего устройства равно или кратно количеству процессоров i . Исключив из состава адреса $\log_2 i$ младших разрядов, можно организовать в одном такте (и по одному адресу) обращение одновременно к i блокам запоминающего устройства, обеспечив при этом операндами одновременно i процессоров; это могут быть числа массива, подлежащие групповой обработке, или значения i ординат некоторой функции, или проекции одного i -мерного вектора.

В действительности положение несколько сложнее. Прежде всего уже собственно в вычислительном процессе могут потребоваться обращения к запоминающему устройству не только за массивами, но и за отдельными числами, например чтение числа, на которое нужно умножить i -мерный вектор или с которым нужно сравнить все i значений функции, запись результата вычисления скалярного произведения векторов, или определенного интеграла функции, или максимального (минимального) значения функции и т. д. Более массовый случай, когда в многопроцессорной системе типа IV формат обращения к запоминающему устройству должен быть меньше, чем i слов, — это обращение за командами. Собственно смысл организации многопроцессорной системы по типу IV — с общим кодом операции — состоит в уменьшении количества информации в программе; при этом формат команды для системы оказывается примерно таким же, как для обычной вычислительной машины с одним процессором, то есть порядка одного слова. Таким образом, запоминающее устройство должно обеспечивать возможность обращения не только за массивами слов, но и за отдельными словами.

В связи с этим вместо исключения из адреса младших разрядов целесообразно применить построение запоминающего устройства, показанное на рис. 3.23.

Как и предлагалось выше, в блоки запоминающего устройства, имеющиеся на рис. 3.23 (количество их равно i , от 0 до $(i - 1)$ -го), передаются только старшие разряды адреса.

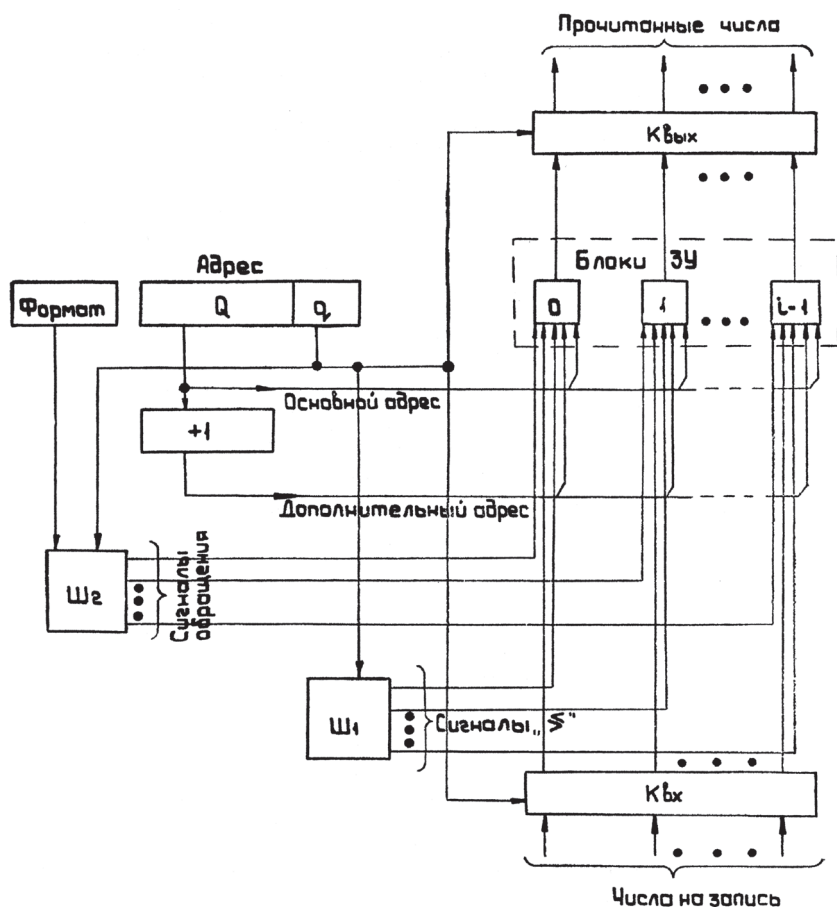


Рис. 3.23. Организация оперативного запоминающего устройства с управляемым форматом обращения (от 1 до i слов): Π_1 и Π_2 — шифраторы; $K_{вх}$ — входной коммутатор; $K_{вых}$ — выходной коммутатор; Q — содержимое старших разрядов; q — содержимое младших разрядов

Роль младших разрядов адреса несколько сложнее. Если i ячеек, расположенных в i блоках по одному и тому же адресу, рассматривать как одну строку, то число, содержащееся в младших разрядах адреса, является фактически смещением прочитываемых (записываемых) данных относительно начала этой строки. Шифратор для каждого из блоков определяет, больше или меньше номер этого блока, чем содержимое младших разрядов адреса. Если номер некоторого блока больше или равен содержимому младших разрядов адреса, то блок получает от шифра-

тора сигнал «>» и принимает адрес непосредственно из старших разрядов полного адреса («Основной адрес» на рис. 3.23). В противном случае блок получает от шифратора сигнал «<» и по этому сигналу воспринимает содержимое старших разрядов адреса, увеличенное на единицу («Дополнительный адрес» на рис. 3.23).

Рисунок 3.24 иллюстрирует возникающую при этом ситуацию для конкретного случая, когда старшие разряды полного адреса содержат величину Q , а младшие — величину q . Полный адрес при этом равен $Qi + q$; предполагается, что i — целая степень основания системы счисления, в которой выражены адреса, чаще всего — степень числа 2. Из запоминающего устройства в любом случае выбирается i последовательных ячеек, начиная от ячейки с адресом $Qi + q$.

Младшие разряды адреса, как показано на рис. 3.23, управляют также двумя коммутаторами, выполняющими кольцевой сдвиг с точностью до одного слова. Они расставляют поступающие на запись и прочитанные числа в определенном порядке: сначала число, прочитанное из ячейки или записываемое в ячейку с заданным адресом ($Qi + q$), затем число, принадлежащее следующей ячейке (с адресом $Qi + q + 1$), и т. д.

Формат обращения к запоминающему устройству может быть задан в команде явно (в виде специальной группы разрядов) либо получаться косвенно (из расшифровки кода операции, признака обращения за командой и т. д.). При этом шифратор Ш2 (рис. 3.23), вырабатывающий индивидуальные сигналы обращения для каждого из i блоков, должен учитывать не только формат обращения, но и, естественно, младшие разряды адреса.

Разумеется, приняв некоторые ограничения, можно несколько упростить построение, показанное на рис. 3.23. Например, если бы запоминающее устройство должно было работать только с двумя форматами — в 1 слово или в i слов — и при этом было бы заранее известно, что начало массива из i слов располагается всегда в ячейке с адресом $Ni + 0$, то отпала бы необходимость в шифраторе Ш1 на схеме добавления единицы к содержимому старших разрядов адреса, входах для дополнительного адреса во всех блоках; выходной коммутатор $K_{\text{вых}}$ превратился бы просто в сборки i сигналов (а при чтении массива из i чисел выходные сигналы шли бы мимо коммутатора), упростился бы входной коммутатор $K_{\text{вх}}$ и т. д.

Однако схема, показанная на рис. 3.23, позволяет получить наибольшую гибкость в использовании запоминающего устройства: возможность работы с произвольными форматами от 1 до i слов (с дискретностью в одно слово) и возможность компактного расположения

информации в запоминающем устройстве при произвольных форматах из числа допустимых.

Построение запоминающего устройства с управляемым форматом обращения («многоформатного» запоминающего устройства), показанного на рис. 3.23, может оказаться весьма полезным даже в обычных однопроцессорных машинах, где оно дало бы возможность организовать обращение по одному адресу одновременно за несколькими операндами (что отчасти, очень робко, реализуется в System 4 фирмы ICL), либо для выборки одновременно с командой одного или даже нескольких полноразрядных непосредственных операндов, либо для выполнения операций над числами переменной длины, обмена с запоминающими устройствами других уровней, эвакуации и возврата содержимого регистров при прерываниях и т. д.

Вернемся, однако, к многопроцессорным системам.

По сравнению с системой типа IV, где в качестве операндов выбирались массивы слов, а в качестве команд — отдельные слова, в системе типа III положение обратное. Раздельные коды операции для каждого процессора требуют наличия в команде также и раздельных адресов операндов; в противном случае нельзя было бы использовать в полной мере возможности оперативного перестроения конфигурации системы, предоставляемые наличием раздельных кодов операции. При этом очевидно, по каждому адресу должен выбираться операнд в виде отдельного слова, зато команда представляет собой массив слов.

Применение запоминающего устройства с управляемым форматом обращения (от 1 до i слов), построение которого приведено на рис. 3.23, дало бы возможность в системе типа III несколько сократить количество информации в команде. Для группы процессоров, выполняющих в некотором такте общую операцию (по одинаковым или связанным кодам операции), такое запоминающее устройство позволяет выбирать по одному адресу операнды в виде массива нужного формата, то есть содержащего столько слов, сколько процессоров в группе. Полагая относительно малой вероятность команд, в которых каждый процессор выполняет свою отдельную операцию и отсутствуют какие-либо объединения процессоров в группы, можно уменьшить количество адресов в команде.

Если программа для системы типа III составляется в виде программы для однопроцессорной машины, а распределение работы между процессорами производится в ходе выполнения программы за счет опережающего чтения команд (см. выше о разновидности систем типа III с однолинейной программой), то возможность одновременной выборки

группы команд снижает требования к быстродействию запоминающего устройства и уменьшает глубину перекрытия операций системы при той же глубине анализа программы. Если, например, в системе имеется j процессоров, то для того, чтобы загрузить их все хотя бы только в самом благоприятном случае, устройство управления должно анализировать программу на j команд вперед; вообще же глубина анализа должна быть $l > j$. Выбирая за каждое обращение к запоминающему устройству одну команду, нужно было бы иметь глубину перекрытия равной l тактам работы запоминающего устройства; иначе говоря, между выборкой команды и ее исполнением могло бы проходить до l тактов. При этом в случае условного перехода в программе вся цепочка из l накопленных и проанализированных команд могла оказаться ненужной, и далее потребовалось бы еще l обращений к запоминающему устройству, чтобы заново организовать эффективную загрузку процессоров. Полезность выборки из запоминающего устройства одновременно массива команд для этого случая очевидна.

Менее очевидна необходимость в специальной организации оперативного запоминающего устройства для многопроцессорных систем типов I и II. Однако и в них (чего обычно не замечают разработчики) специфически системные функции удобнее реализуются при наличии запоминающего устройства с управляемым форматом обращения.

Например, групповую передачу управления в принципе можно построить так, чтобы все процессоры, получающие эту команду от «ведущего» процессора¹, переходили к одному и тому же адресу; однако такое решение создало бы существенные ограничения при программировании в том случае, когда в каждом из процессоров применена многоуровневая память со сквозной нумерацией и не все адреса одинаково доступны в любой момент времени. Поэтому выгоднее, чтобы в «ведущем» процессоре прочитывался массив адресов передачи управления, предназначенных каждый для своего процессора. Аналогичное положение может возникать и при выполнении других системных команд (групповое изменение состояний и т. п.).

В системе типа II желательно, кроме того, чтобы обмен процессоров системы с внешними устройствами или вообще с несинхронными частями системы выполнялся не отдельными словами, а массивами чисел,

¹ Мы заключаем слово «ведущий» в кавычки, так как необязательно предполагаем наличие в системе постоянного ведущего процессора. В любой момент «ведущим» может стать любой из процессоров — тот, в программе которого встретилась системная операция.

поскольку на время обмена одного из процессоров с внешними устройствами необходимо приостанавливать все остальные процессоры (чтобы не нарушить синхронизма в работе). Впрочем, возможность обмена между процессорами и внешними устройствами (или между разными уровнями памяти внутри процессора) массивами слов, а не одиночными словами целесообразна в любом случае.

Подводя итоги, можно сказать, что запоминающее устройство с управляемым форматом, показанное на рис. 3.23, может оказаться полезным даже для обычной однопроцессорной вычислительной машины. В многопроцессорных системах необходимость в таком запоминающем устройстве тем больше и его функции тем шире, чем сильнее связи в системе: в системе типа I — только для организации специфически системных функций, в системе типа II — также для организации обмена с внешними устройствами, в системах типа III с программой однолинейного типа — для повышения эффективности системы при условных передачах управления, а в другой разновидности системы этого типа — вообще для чтения всех команд, наконец, в системах типа IV — для чтения и записи операндов.

Сопоставление требований, предъявляемых к организации памяти в многопроцессорных системах различных типов, подтверждает выгоду комбинированного построения системы, которое предлагалось выше (рис. 3.22).

В обычной системе типа IV «многоформатное» запоминающее устройство нужно для обращения за операндами и недоиспользуется при чтении команд, в обычной системе типа III такое запоминающее устройство требуется для выборки команд и недоиспользуется при обращениях за операндами. Если же, как показано на рис. 3.22, система типа III строится из j систем типа IV, содержащих каждая i процессоров, то появляется возможность согласования форматов операндов с форматами команд. Для этого необходимо, чтобы были равны или кратны числа jm_k и im_0 , где m_k — количество разрядов в команде для группы из процессоров, m_0 — количество разрядов в операнде для каждого из процессоров в группе; желательно также, чтобы были равны между собой или кратны числа m_k и m_0 .

При построении обычной системы типа I или II целесообразность применения в каждом из процессоров «многоформатного» запоминающего устройства, требующего сравнительно больших затрат оборудования, вообще нуждается в дополнительном обсуждении, несмотря на некоторые его очевидные преимущества. Если же по типу системы I или

II собираются многопроцессорные связки (см. рис. 3.22), каждая из которых уже содержит многоформатное запоминающее устройство, то все преимущества, вытекающие из наличия такого устройства для систем типов I и II, а также и для однопроцессорных машин вообще, могут быть использованы в полной мере.

Как и в предыдущем случае, количество связок, входящих в систему типа I или II, должно быть согласовано с форматами запоминающего устройства; если через m_c обозначить количество разрядов информации, передаваемой каждой связке от «ведущей» при выполнении системных команд, то необходимо, чтобы не только числа jm_k и im_0 , но и число km_c были равны или кратны между собой.

Таким образом, рассмотрение принципов организации запоминающего устройства показывает, что наиболее выгодные решения могут быть достигнуты в комбинированных многопроцессорных системах; при этом числа i, j, k , характеризующие соотношения, по которым выполнена группировка процессоров в системе, не могут быть вполне произвольными, так как они связаны между собой через форматы запоминающего устройства.

Массовое обслуживание и многопроцессорные системы

На первый взгляд, возникает представление, что идея многопроцессорной системы и идеи массового обслуживания и разделения времени лежат как бы в разных плоскостях. Многопроцессорная система строится для того, чтобы получить выигрыш в скорости решения каждой отдельной задачи; при этом бессмысленно, казалось бы, разделение времени системы между разными пользователями, потому что проще было бы выделить каждому пользователю отдельный процессор (во всяком случае, если в системе имеется несколько однородных процессоров).

Между тем имеется по меньшей мере два соображения в пользу организации режима массового обслуживания в многопроцессорных системах.

Первое из них связано с отладкой программ.

Основное применение многопроцессорных систем — это решение очень крупных задач, превышающих возможности обычных машин, причем большей частью речь идет о задачах, которые должны решаться в реальном масштабе времени. Программы таких задач для некоторых известных автору случаев достигают по объему нескольких десятков тысяч — сотен тысяч слов.

К сожалению, пока нет другого пути составления и отладки таких программ, кроме разделения программы на части между отдельными

программистами и последующей компиляции отдельных частей. Естественно при этом, что каждая часть программы, с одной стороны, составлена в расчете на использование всей многопроцессорной системы, а с другой стороны, занимает лишь небольшую часть ее производительности (потому что только для суммы всех составных частей программы необходимы полный объем памяти и полное быстроедействие системы).

Поэтому отладку составных частей такой программы удобнее всего вести с использованием той самой многопроцессорной системы, для которой эта программа составлена, на основе разделения времени.

Если бы вместо этого мы попытались моделировать многопроцессорную систему на универсальных вычислительных машинах и отлаживать составные части программы на модели, то существенным затруднением было бы различие в быстроедействии модели и реальной системы на 2–3 порядка — в $L_1 L_2$ раз, где L_1 — отношение эквивалентного быстроедействия многопроцессорной системы к быстроедействию универсальной машины, а L_2 — коэффициент, характеризующий потери в производительности при работе моделирующей программы. Сама программа, моделирующая многопроцессорную систему на универсальной машине, вряд ли оказалась бы проще, чем диспетчерская программа, осуществляющая разделение времени в многопроцессорной системе.

Второе обстоятельство, приводящее к необходимости организации режима массового обслуживания в многопроцессорной системе, — это невозможность достигнуть полного соответствия между структурой системы и характеристиками каждой конкретной задачи из числа решаемых с помощью этой системы.

Выше приводились некоторые соотношения между временным коэффициентом загрузки процессоров, характеристиками задач и количеством процессоров в системе типа IV. Аналогичные соотношения можно найти и для многопроцессорных систем других типов. Очевидна также зависимость необходимого объема памяти и количества внешних устройств от характеристик решаемой задачи. Во многих случаях даже при решении одной крупной задачи эффективность использования многопроцессорной системы оказывается разной на разных этапах выполнения программы.

Роль режима массового обслуживания в выравнивании по времени коэффициентов использования аппаратуры для многопроцессорной системы может быть существенно выше, чем для обычной машины.

Представим себе, что на очереди имеется большое количество задач. Программа решения каждой задачи рассчитана на использование системы с некоторым произвольным, но фиксированным для данной

задачи или для данного участка задачи количеством процессоров. Это количество, разумеется, не превышает общего количества процессоров в системе и выбрано так, чтобы наилучшим образом использовать процессоры, исходя из характеристик задачи. Комбинируя имеющиеся задачи в группы, диспетчерская программа могла бы организовать весьма эффективное использование многопроцессорной системы при решении потока задач со случайными характеристиками.

Ничто не препятствует при этом совмещению разделения оборудования с разделением времени. Разделение оборудования, как мы говорили, производится внутри группы задач между отдельными задачами, а разделение времени — между группами задач. Таким образом, сохраняется возможность работы в реальном масштабе времени для каждого из пользователей.

Наиболее подходящим объектом для организации режима массового обслуживания с оперативным разделением оборудования является система типа II.

В системах типа I имеющиеся информационные связи между процессорами обычно недостаточны для организации нескольких одновременно действующих подсистем. Например, если каждый процессор, кроме крайних, связан с двумя соседними (или вообще с ограниченным количеством соседних), то в первый момент разделение процессоров на компактные группы (каждая для своей задачи) не представляет трудностей. Однако в дальнейшем, когда часть процессоров освобождается, а некоторые группы остаются занятыми, выделение новых компактных групп существенно затрудняется. Скорее всего, для этого нужно остановить все вычисления и организовать массовую передвижку всего содержимого ЗУ вдоль цепочки процессоров — с тем чтобы уплотнить сохраняющиеся группы и выделить для образования новых групп компактное поле свободных процессоров. Если же процессоры в системе типа I связаны между собой одной общей магистралью или через один общий блок запоминающего устройства, то организация внутри такой системы нескольких подсистем, каждая для своей задачи, привела бы к тому, что подсистемы мешали бы друг другу в организации внутреннего обмена информацией.

В многопроцессорных системах типов III и IV разделение оборудования между различными не связанными между собой задачами вообще затруднительно.

В комбинированной системе, рассмотренной выше (рис. 3.22), разделение оборудования целесообразно вести на уровне связей, соединя-

емых между собой по типу системы II. Система типа II из однородных процессоров (связок) позволяет легко организовать разнообразные связи между процессорами (связками). Однако существуют определенные требования к конфигурации связей, которые необходимо выполнить, чтобы в системе удобно было осуществлять разделение оборудования.

Рассмотрим, в чем состоят эти требования.

При разделении оборудования комплекса для каждой задачи (или части задачи) мы получаем вычислительную систему из n процессоров (связок), где величина n зависит от характеристик задачи и определяется во время программирования или в процессе трансляции программы с исходного языка. Разумеется, $n \leq N$ (где N — общее количество процессоров или связок в комплексе). Кроме характеристик задачи, при определении величины n желательно учесть состояние технических средств вычислительного комплекса и их загрузку в момент постановки задачи на решение. Для этого удобно в процессе трансляции сначала получить программу на некотором промежуточном языке, близком к машинному, но в который величина n входит в общем виде, и одновременно определить несколько допустимых для данной задачи значений n (возможно, что это будут кратные между собой числа), а затем, в момент постановки задачи, выбрать конкретное значение n и транслировать программу на машинный язык. На промежуточном языке необходимо также хранить библиотеку типовых программ и другие части математического обеспечения.

Чтобы это было возможно, *n -процессорные (n -связочные) системы, образующиеся внутри вычислительного комплекса, должны быть подобны между собой в отношении организации связей внутри системы при любых конкретных n , $n \leq N$* , причем указанное требование должно выполняться при любом выборе n процессоров (связок) из N .

Легко показать, что при $N \geq 3$ достаточным условием для реализации этого требования является *идентичность связей любого произвольно выбранного i -го процессора (связки) с каждым из $(N - 1)$ остальных процессоров (связок)*. Из этого условия, в частности, вытекает, что между парой произвольно выбранных процессоров (связок) в комплексе имеются такие же связи, как между любой другой парой.

Такие конфигурации связей назовем *симметричными*.

Двумя крайними примерами симметричных конфигураций связей являются полная система — когда отдельные дуплексные связи имеются для всех пар процессоров (связок), и нулевая система — когда какие-либо связи между процессорами (связками) вообще отсутствуют

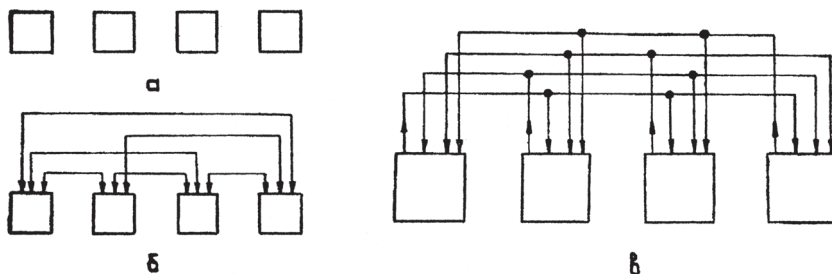


Рис. 3.25. Примеры симметричных конфигураций связей ($N = 4$): нулевая система связей (а); полная система связей (б); промежуточный вариант (в)

(рис. 3.25). Одна из этих конфигураций при больших N требует больших затрат оборудования, другая же, очевидно, не может рассматриваться. Наряду с этим возможны промежуточные симметричные конфигурации — например, такая, в которой каждый процессор (связка) имеет один выход, к которому параллельно присоединены входы $N - 1$ остальных процессоров (связок), и $N - 1$ входов, к которым присоединены выходы остальных $N - 1$ процессоров (связок) — рис. 3.25в.

Примером несимметричной конфигурации связей является соединение каждого процессора с двумя соседями (процессоры расположены по кольцу), о чем говорилось выше.

В этом рассмотрении не играет роли, как физически выполнены связи между процессорами завязками: в виде проводов с входными и выходными вентилями, в виде общих участков памяти или каким-либо другим способом.

Если в составе вычислительного комплекса наряду с однородными процессорами имеются специализированные (например, на рис. 3.22 — специализированный процессор П0, управляющий внешними связями комплекса), то его связи с каждым из однородных процессоров тоже должны быть идентичны между собой (но не обязательно идентичны связям между парой однородных процессоров): в то время, когда однородные процессоры используются для одновременного решения нескольких задач на основе разделения оборудования, специализированный процессор должен обслуживать эти задачи на основе разделения времени.

Кроме определенных требований к организации связей между процессорами, режим разделения оборудования и времени связан с необходимостью введения в состав аппаратуры некоторых дополнительных цепей, правда, не очень значительных по объему оборудования.

Наряду с обычными для машин с разделением времени дескрипторными регистрами и ключами памяти, которые для каждой задачи устанавливают соответствие между математическими и физическими номерами страниц памяти и принадлежность страниц памяти данной задаче, в процессорах комплекса должны быть предусмотрены дескрипторные регистры и ключи для связей с другими процессорами.

Когда по программе производится обмен числовой или командной информацией между процессорами, входящими в одну подсистему (решающими одну общую задачу), дескрипторные регистры связей устанавливают соответствие между содержащимися в программе математическими номерами процессоров, с которыми должен связаться данный процессор, и физическими номерами процессоров, выделенных для работы в этой подсистеме. Ключи связей проверяют принадлежность к своей подсистеме тех процессоров, с которыми связывается данный процессор, и таким образом осуществляют защиту одновременно работающих подсистем друг от друга.

Засылка информации в дескрипторные регистры и смена ключей должна быть, конечно, привилегированной операцией супервизора.

Если вычислительный комплекс построен как система типа II (что, как мы говорили, удобнее всего для организации режима разделения оборудования и времени), то необходимо предусмотреть цепи, по которым сигнал вызова супервизора (режима системы), возникающий в одном каком-нибудь процессоре, мог бы под управлением ключей связей передаваться одновременно всем процессорам, входящим в данную подсистему; иначе вызов супервизора в одном из процессоров нарушил бы синхронизм работы подсистемы. В первую очередь это относится к вызовам супервизора, формируемым аппаратным путем (например, при срабатывании цепей аппаратного контроля, при попытках программы обратиться к закрытым страницам памяти и т. д.). Если вызов супервизора формируется программным путем, то его нетрудно сформировать одновременно во всех синхронно работающих процессорах.

Наряду с операцией групповой передачи управления, которая в режиме задачи выполняется под контролем ключей связей, в каждом из процессоров необходимо предусмотреть для режима системы привилегированную операцию групповой передачи управления с одновременным вызовом супервизора во всех процессорах, на которые она распространяется, действующую независимо от существующего в данный момент положения ключей связей и дескрипторных регистров связей.

Мы рассмотрели некоторые проблемы, возникающие на первых же шагах при практическом осуществлении многопроцессорной системы большого объема. Автор убежден, что таким системам принадлежит серьезная роль в развитии вычислительной техники в ближайшем будущем.

Литература

1. The CDC3G00. «Datamation», 1962, vol. 8, No. 5, p. 37–40.
2. Harrison M. C, Schwartz J. T. SHARER, a time sharing system for the CDC6600. «Communs ACM», 1967, vol. 10. No. NO.
3. Вычислительная система IBM/360. Принципы работы. Пер. с англ. / Под ред. В. С. Штаркмана. М.: Советское радио, 1969.
4. Евреинов Э. В., Косарев Ю. Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1966.
5. Murtha J. C. Highly parallel information processing systems. «Advances in Computers», NY – L., vol. 7, 1966.
6. Barnes Q. H., Brown R. M. and al. The ILLIAC IV computer. «IEEE Trans. Comput.», 1968, vol. C17, No. 8.

*Опубликовано:
«Доклады Академии наук СССР» (рис. 3.24),
1979 г. Т. 245. № 2*

3.6. Вычислительная машина М-10

Карцев М. А.

Представлено академиком Семенихиным В. С. 20.IX.1978

Вычислительная машина М10 представляет собой многопроцессорную систему синхронного типа. Ее среднее быстродействие превышает 5 млн оп/с, объем внутренней памяти равен 5 мегабайтам (1 310 720 слов). Операционная система обеспечивает пользователям, работающим в интерактивном (диалоговом) режиме по разделению времени, доступ к трансляторам и средствам отладки программ на алгоритмических языках, обращения на логическом уровне к внешним устройствам, обращения к стандартным процедурам, использование в качестве готовых модулей загрузки программ из состава библиотеки типовых программ (линейная алгебра, аппроксимация функций, квадратуры, интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных и др.).

ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР

1979

ТОМ 245 № 2

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

Рис. 3.26. Титульный лист сборника докладов АН СССР

Машина оперирует с числами трех форматов: полуслово (16 двоичных разрядов), слово (32 разряда), двойное слово (64 разряда). Имеется также неполный список операций над 128-разрядными числами. 16-разрядные числа являются всегда числами с фиксированной запятой — целыми или дробными. 32-разрядные и 64-разрядные числа могут быть как с фиксированной запятой, целыми либо дробными, так и с плавающей запятой (8 двоичных разрядов порядка и, соответственно, 24 или 56 двоичных разрядов мантиисы).

Основная процессорная часть машины состоит из двух программно перестраиваемых линеек процессоров. Каждая линейка в зависимости от кода операции представляет собой либо восьмерку 16-разрядных процессоров, либо четверку 32-разрядных процессоров, либо пару 64-разрядных процессоров, выполняющих одну и ту же операцию (разумеется, над разными данными). Другая линейка процессоров может одновременно выполнять такую же или другую операцию. Определенные коды операции собирают все процессоры линейки в единый векторный процессор. Например, при выполнении операции «скалярное произведение» в линейке процессоров в течение одного такта выполняется попарное перемножение восьми пар 16-разрядных чисел или четырех пар 32-разрядных чисел, суммирование полученных произведений между собой и с суммой, накопленной в предыдущем такте.

Одновременно с выполнением операций над числами в основных процессорных линейках вырабатывается до 5 строк булевских переменных, в которых каждый двоичный разряд соответствует определенному признаку, относящемуся к операндам, участвующим в операции, или к результату операции. Например, при выполнении сложения (восьми пар 16-разрядных чисел, или четырех пар 32-разрядных чисел, или двух пар 64-разрядных чисел) вырабатываются строки булевских переменных, содержащие, соответственно, по 8, или по 4, или по 2 двоичных разряда: ω — признаки переполнения, e — признаки равенства между собой слагаемых, m — признаки того, что первое слагаемое в данной паре оказалось больше второго, z — признаки равенства результата нулю, s — признаки получения отрицательного результата.

Эти признаки — непосредственно или через память — могут передаваться в специальный процессор обработки строк булевских переменных, действующий одновременно с линейками основных процессоров и способный выполнять полный набор логических операций над булевскими переменными. Строки булевских переменных, полученные непосредственно при выполнении основных арифметических или ло-

гических операций над числами или в результате работы указанного специального процессора или прочитанные из памяти, могут далее использоваться для организации условных передач управления либо в качестве «масок» для выполнения основных арифметикологических операций. Если в коде операции для основной линейки процессоров указывается, что операция должна быть выполнена под маской, то в линейке блокируются те процессоры, для которых соответствующие разряды маски содержат нули (а при выполнении операции под «инверсной» маской блокируются процессоры, для которых соответствующие разряды маски содержат единицы). Механизм масок является важным инструментом эффективной организации параллельных вычислений. Еще один специализированный процессор, входящий в состав центральной части машины, предназначен для выполнения индексных операций (о чем говорится ниже).

Внутренняя память машины представлена устройствами трех типов: главная оперативная память объемом 512 кбайт (131 072 слова), главная постоянная память того же объема, предназначенная в основном для хранения резидентных частей операционной системы, и большая оперативная память объемом 4 Мбайта (1 048 576 слов). С точки зрения пользователя, все эти устройства являются единым полем памяти, хотя с центральной процессорной частью непосредственно сообщаются только главная оперативная и главная постоянная память. Операционная система совместно с автоматом обмена обеспечивает своевременную подкачку необходимых сегментов из большой памяти в главную. Свопинг (двусторонний обмен) между главной и большой памятью идет со скоростью около 20 Мбайт/с в каждую сторону и одновременно со счетом в центральном процессоре. Что касается внешнего обмена, то он идет со всем объемом внутренней памяти: как с главной памятью, так и с большой.

Если учесть, что квант времени, отводимый каждому пользователю при работе по разделению времени, равен 20–80 мс, то характеристики центрального процессора, главной и большой памяти оказываются согласованными [1].

Вся внутренняя память охвачена единой системой виртуальной адресации. Для этого исполнительный адрес обращения к памяти содержит 22 двоичных разряда (адресация производится с точностью до полуслова, т. е. до пары байтов).

В составе инструкции адрес содержит 30 разрядов: 4 разряда — номер регистра, используемого в качестве базы, 4 разряда — номер регистра,

используемого в качестве индекса, и 22-разрядное смещение. В качестве базовых и индексных используются 16 специальных регистров — так называемых адресных модификаторов, сообщающихся с памятью и с упоминавшимся ранее специальным процессором для выполнения индексных операций.

Формирование исполнительного адреса обращения к памяти построено по аналогии с IBM 360/85 и IBM 370 [2]. Оно начинается с суммирования содержимого базового регистра и, если необходимо, индексного регистра с величиной смещения, в результате чего формируется математический (виртуальный) адрес. Далее математический адрес проходит через аппарат дескрипторов, где производится подмена старших разрядов математического адреса, в результате чего образуется физический (исполнительный) адрес обращения к памяти. Аппарат формирования математического адреса принадлежит полностью пользователю (в течение отводимых ему квантов времени), аппарат дескрипторов — операционной системе. С аппаратом дескрипторов связаны также цепи защиты памяти.

Важной особенностью машины является широкий и переменный формат обращения к главной памяти: за одно обращение из нее может быть выбрано от 2 до 64 байтов [3].

Инструкции, по которым работает центральное устройство управления, тоже имеют переменный формат от 4 до 24 байтов. Если инструкция полная, то за один машинный такт (1,8 мкс) выполняются: одна операция устройства управления (может быть, передача управления, или передача командного слова каналу, или индексная операция и т. п.), две арифметико-логические операции (в двух линейках основных процессоров), два обращения к главной памяти за операндами по разным адресам и еще одно (третье) обращение за следующей инструкцией, а также, возможно, обмен массивами информации с другими машинами комплекса, о чем сказано дальше. Одновременно с инструкцией из памяти может быть выбран также непосредственный операнд, формат которого, однако, в сумме с форматом инструкции не может превышать максимального формата обращения к памяти.

Внешний обмен информацией ведется через мультиплексный канал с суммарной пропускной способностью около 7 Мбайт/с. Мультиплексный канал имеет 24 дуплексных подканала, к каждому из которых, в свою очередь, может быть подсоединено до 6 однотипных внешних устройств.

В базовый комплект машины в качестве периферийных устройств входят терминалы, построенные на основе пишущей машинки и пер-

фолентного оборудования, алфавитно-цифровые строко-печатающие устройства, перфокартное оборудование и пишущая машинка инженерного пульта, с помощью которой ведется аппаратный журнал машины. Через дополнительные устройства сопряжения к каналу могут подключаться также терминалы на основе штрихового дисплея с клавиатурами и световым пером, магнитные ленты и диски и другие периферийные устройства ЕС ЭВМ. Канал имеет собственную буферную память объемом в 64 кбайт, в которой хранятся также командные слова канала, но может непосредственно адресоваться и к любым ячейкам внутренней памяти машины.

Наряду с выполнением вычислений в центральной части машины и обменом информацией между главной и большой памятью, внешний обмен, ведущийся через мультиплексный канал, представляет собой как бы третий параллельный по времени процесс, идущий в машине одновременно с первыми двумя. Четвертым и пятым параллельными процессами, происходящими одновременно с тремя указанными, являются контроль специальными цепями исправности аппаратуры машины и контроль программ пользователей (проверка отсутствия в них привилегированных операций, нарушений защиты памяти и т. п.). Взаимодействие этих независимых процессов осуществляется через многоуровневую систему прерывания программ, являющуюся частью центрального устройства управления. На ее свободные входы могут приниматься также внешние сигналы (до 32).

В машине предусмотрены цепи, позволяющие объединить до 7 машин М-10 в единый синхронный комплекс, работающий от общего тактового генератора. В каждом такте работы машина, работающая в комплексе, может выдать на свои выходные шины массив данных в 64 байта и принять массив такого же размера от любой другой машины комплекса. При этом адресация машин виртуальная [3]. Специальный аппарат дескрипторов связей оперативно подменяет виртуальный номер машины, от которой принимается информация, на физический номер. Это должно позволить при необходимости формировать внутри синхронного комплекса несколько подкомплексов. Однако возможность создания синхронных комплексов пока нигде не была реализована, а регистры связи на практике используются в качестве дополнительной сверхоперативной памяти.

Структура М-10 обеспечивает расчетное быстродействие при решении задач, обладающих естественным параллелизмом [4, 5], т. е. состоящих в основном в операциях над многомерными векторами или над

функциями, заданными своими значениями на множестве дискретных значений аргумента, и т. п. В определенных случаях, когда при решении задач такого рода требуются большие объемы памяти, реальное быстрое действие М-10 может существенно превышать расчетное значение.

Элементарной базой основных логических цепей М-10 являются микросхемы серии 217. Оперативные запоминающие устройства обеих ступеней построены на ферритовых сердечниках с наружным диаметром 1 мм, постоянная память — конденсаторного типа, со сменными металлическими перфокартами в качестве носителя информации. Питание машины осуществляется через преобразователь напряжения 3ф 220В 50 Гц в напряжение 3ф 220В 400 Гц мощностью в 100 кВА; вторичные источники питания вмонтированы непосредственно в устройства машины. Первые промышленные образцы машины показали высокие эксплуатационные характеристики.

Разработка машины является в основном оригинальной. Ряд структурных, технических и конструктивных решений защищены авторскими свидетельствами СССР на изобретения и промышленные образцы.

Литература

1. Карцев М. А. Архитектура цифровых вычислительных машин. М.: Наука, 1978.
2. Катцин Г. Вычислительные машины системы 370. М.: Мир, 1974.
3. Карцев М. А. Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1970. Вып. 5—6.
4. Глушков В. М., Капитонова Ю. В., Летичевский А. Л. Кибернетика. 1976. № 6.
5. Гливенко Е. В. Программирование. 1977. № 1.

*Опубликовано:
«Доклады Академии наук СССР» (рис. 3.26),
1979 г. Т. 245. № 2. С. 110—115*

3.7. Основные принципы проектирования ЭВМ М-10

Карцев М. А.

Выпуск, предлагаемый вниманию читателя, является тематическим: он посвящен различным вопросам, связанным с созданием ЭВМ М-10.

Конечно, с высоты современного уровня некоторые технические решения, принятые в свое время при проектировании М-10, даже самым авторам представляются порой наивными, порой слишком вычурными, громоздкими и запутанными. Однако в других отношениях разработка М-10, как теперь видно, опередила свое время и все еще представляет интерес, тем более что в мировой практике известно не очень много успешных попыток создавать вычислительные машины такого масштаба, как М-10.

Перед создателями М-10 была поставлена довольно сложная задача: имея микросхемы серии 217 со скоростью срабатывания порядка 15–25 нс на вентиль и степенью интеграции до 3–5 вентилях в корпусе и ферритовые сердечники М100П2 с внешним диаметром 1 мм (лучшие из логических элементов и элементов запоминания, выпускавшихся к тому времени), нужно было построить ЭВМ с возможно более высоким быстродействием (в среднем не менее 5 млн оп/с, имея в виду как операции над 16-разрядными числами, так и операции над 32-разрядными и 64-разрядными числами с плавающей и фиксированной запятыми), с внутренней памятью не менее 5 Мбайт, скоростью внешнего обмена не менее 50 млн бит/с, скоростями реакции на внешние сигналы при работе в реальном масштабе времени порядка 10–20 мкс и сравнительно высокой надежностью (потери времени при круглосуточной непрерывной эксплуатации не более 2,5 % от общего календарного времени работы, причем в эти 2,5 % включается и время плановопрофилактических работ). Некоторым упрощением проблемы являлось то обстоятельство, что заранее был известен класс задач, для которых строилась машина: крупные научные задачи, задачи обработки результатов научного эксперимента «на проходе» (англ. online) и управления ходом эксперимента в реальном масштабе времени, сводящиеся к операциям над большими массивами более или менее однородной информации, операциям над многомерными векторами, матрицами и функциями, заданными своими значениями на множестве дискретных значений аргумента (в частности, вычисление квадратур, интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных) и т. п.

Как известно¹, пути достижения требуемой производительности были найдены в не всегда обычных и во многом оригинальных структурных решениях. Возможности, предоставляемые структурой М-10, не всегда можно выразить в «операциях в секунду». Поэтому не следует удивляться, что, хотя производительность М-10 была в свое время оценена в 5,1 млн оп/с, реальный выигрыш по скорости по сравнению с другими машинами, когда такое сопоставление проводилось, оказывался значительно больше, чем можно было бы ожидать. Например, при расчетах кинетической модели плазмы для сетки в 512 узлов и количестве макрочастиц до 104 (вариант, который на пределе помещается во внутреннюю память БЭСМ-6) разница в скоростях между М-10 и БЭСМ-6 получается примерно в 20 раз, при большем количестве узлов сетки и макрочастиц — значительно больше, чем в 20 раз; при этом на БЭСМ-6 счет шел с 48, а на М-10 — с 64 разрядами. При счете одной из задач механики сплошной среды разница в скоростях между М-10 и ЕС 1040 получилась более чем в 45 раз (8,5 мин на вариант на М-10 вместо 6,5 ч на ЕС 1040).

Новые структурные решения, примененные в М-10, в дополнение к опубликованному ранее материалу описываются в статьях настоящего сборника.

На оборотной стороне медали усложнения структуры машины находились две основные проблемы: большое количество оборудования и, как следствие, трудности в обеспечении производственного контроля, собираемости машины из ее составных частей и в обеспечении эксплуатационной надежности и трудности создания эффективных программ.

Вопрос о надежности в начале разработки осложнялся тем, что если относительно ферритовых сердечников (их в машине около 40 млн) имелись представительные статистические данные, дававшие основания для оптимизма, то относительно микросхем серии 217 (их в машине более 600 тыс. корпусов) данные практически отсутствовали. В дальнейшем, уже в период эксплуатации М-10, выяснилось, что надежность этих микросхем удовлетворительна: $\lambda \approx 10^{-8}$ 1/ч в диапазоне рабочих температур 20–30 °С.

Тем не менее обеспечение надежного функционирования такого большого количества аппаратуры (в машину входят также разъемы, печатные платы, провода, пайки, вторичные источники питания, схемы обramления памяти и т. д.) вовсе не тривиально.

¹ Карцев М. А. Вычислительная машина М-10 // Доклады Академии наук СССР. 1979. Т. 245. № 2.

С самого начала разработки из номенклатуры микросхем серии 217 (достаточно скудной) были исключены для применения в М-10 те типы, в которых внутри корпуса использовались «состязательные» построения, т. е. построения с временными гонками. Такого рода схемотехнику применять было категорически запрещено, и это требование строго контролировалось при разработке. Благодаря этому появилась возможность и при производственном контроле, и при плановопредупредительных ремонтах требовать, чтобы составные части машины и машина в целом работали при значительных перекосах питающих напряжений, с отклонением питающих напряжений от номинала порядка 10 %. Потребовалось специальное исследование, чтобы доказать заинтересованным сторонам, что микросхемы, выбракованные в этих режимах, через несколько дней или недель отказали бы и в нормальных режимах либо уже неработоспособны при нормальных напряжениях питания на краях допустимого для них диапазона рабочих температур; следовательно, в этих режимах к микросхемам не предъявляется никаких чрезмерных требований по сравнению с требованиями, гарантируемыми поставщиком. Все цепи машины охвачены достаточно полным аппаратным контролем (полнота охвата — около 95 %), и все устройства машины имеют встроенные узлы для автономного функционального контроля.

Все соединения в машине представляют собой точно рассчитанные электрические линии — как правило, с волновым сопротивлением 100 Ом, со специальными элементами для демпфирования колебаний, возникающих из-за неоднородностей в линии, и согласования. Заметим, что при фронте сигнала порядка 10 нс длина волны в материале уже для 3-й гармоники разложения Фурье составляет 600–700 мм и, следовательно, отвод в 150–170 мм является четвертьволновой линией. Однако при разработке первоначально были упущены меры производственного контроля правильности установки элементов демпфирования и согласования. Кратковременный контроль на функционирование блоков, устройств, машины в целом во время производственного цикла, как выяснилось, не выявлял всех ошибок в этих цепях, и они в дальнейшем проявлялись в виде редких, трудноуловимых сбоев. Поэтому в первых образцах машины уже после поставки их потребителям пришлось провести стопроцентную проверку элементов демпфирования и согласования.

Важным подсобным средством обеспечения технологичности и эксплуатационных характеристик является специально разработанный для М-10 стенд-автомат проверки ячеек и блоков, который наряду с логи-

ческой проверкой производит измерение уровней входных и выходных сигналов и измерение с дискретностью 5 нс времени запаздывания выходных сигналов относительно входных. Временной контроль очень важен, так как в комбинационных схемах иногда даже полный отказ внутреннего элемента схемы (например, отказ одного из транзисторов в микросхеме с мощным выходом, в результате чего вместо перепада в 3 В сигнала на выходе микросхемы получается перепад порядка 1,5 В) на следующих ступенях проявляется только в виде увеличения времени запаздывания.

Интересно, что и в этом месте жизнь преподала не вполне тривиальный урок. Как выяснилось, в логических элементах типа ДТЛ (а вероятно, и в других) возможны неисправности, проявляющиеся необычным образом. Это неисправность типа пробоя одного из входных диодов схемы И. Сам по себе вентиль с неисправным диодом работает логически вполне правильно. Однако если на пробитый диод подается логическая единица (по идее — высокий уровень), а на другой вход И — логический ноль, то искажается сигнал на выходе того вентиля (исправного), который присоединен к неисправному входу схемы И; в результате неверно работают другие вентили, тоже вполне исправные, но присоединенные по входам к тому же выходному вентилю, который соединен с неисправным входом неисправного вентиля. Этот факт (до которого, впрочем, можно было бы додуматься и без эксперимента) потребовалось прежде всего учесть при синтезе тестов для ячеек и блоков и, соответственно, пересмотреть многие из использовавшихся ранее наборов тестов. Труднее было справиться с тем обстоятельством, что неисправность описанного типа не обнаруживалась при стендовой проверке ячейки или блока, если она оказывалась во входном вентиле ячейки (блока). Пришлось специально увеличивать выходные сопротивления генераторов стенда, которыми формируются сигналы на входах испытуемой ячейки (блока), и ввести в программу испытаний измерение физических уровней входных сигналов испытуемой ячейки (блока). Вопросы, связанные с электротехническим проектированием М-10, элементной базой, надежностью, методами испытаний и т. п., рассматриваются в статьях настоящего сборника. Поскольку при проектировании машины основными целями считались производительность и эффективность, с самого начала предполагалось, что программирование будет вестись в основном на машинно-ориентированных языках Автокод-1 М-10 (фактически просто символьный язык один в один, правда, с неплохой мнемоникой) и Ассемблер М-10 (язык несколько более высокого уровня). Трансляторы

с Алгола-60 и Фортрана на язык М-10 появились позже, однако и до сих пор, несмотря на многочисленные усовершенствования, их использование приводит к значительным потерям в быстродействии по сравнению с программированием на машинно-ориентированных языках, потому что структура М-10 и, в частности, ее машинный язык очень сильно отличаются от той структуры, на которую вольно или невольно ориентированы современные алгоритмические языки (хотя они и называются проблемно-ориентированными или даже универсальными). Предполагалось, что основным средством для упрощения программирования на М-10 станет довольно богатая библиотека типовых программ (теперь бы сказали «пакет прикладных программ»), предназначенных для использования в качестве готовых модулей загрузки.

Возможно, что исходная предпосылка относительно того, что и системные программисты и пользователи должны работать в основном с машинно-ориентированными языками, была неправильной. Во всяком случае, сейчас видно, что идея создания векторных машин типа М-10 не обязательно должна противоречить возможности программирования на языках высокого уровня. С другой стороны, как ясно теперь, при разработке М-10 был правильно оценен тот факт, что в создании особо сложных программ, имеющих объем порядка нескольких десятков тысяч или сотен тысяч слов и во многих случаях связанных с реальным временем (а именно на такие программы главным образом ориентирована М-10), основная трудность и основные затраты времени относятся не к этапу написания программ, а к их комплексной проверке и отладке. Языки высокого уровня упростили бы именно написание программ, но затруднили бы создание для пользователей столь мощных средств отладки программ, какие имеются в М-10 при работе с машинно-ориентированными языками.

Уже для целей отладки собственно операционной системы в составе машины М-10 (в устройстве КУ) предусмотрены аппаратно реализованный транслятор с Автокода-1 и аппаратный интерпретатор директив оператора, работающего с одного терминала (терминала № 1). Эти же средства использовались для комплексного тестирования и отладки особо больших программ реального времени, которые имели в своем составе собственный диспетчер и собственную программу управления вводом выводом на физическом уровне, работающие в привилегированном режиме и фактически заменяющие штатный супервизор в период работы такой программы.

Директивы, интерпретируемые указанной аппаратурой, включают в свой состав пуск, останов, продолжение отлаживаемой программы,

прохождение отдельных участков программы «шагами», вывод на терминал содержимого различных регистров, отдельных ячеек или массивов памяти, ввод с терминала информации в регистры или в память, управление регистром и схемой совпадений. Регистр и схема совпадений представляют собой весьма важное средство отладки программ. Они дают возможность по директивам, передаваемым программистом с терминала, но без внесения каких-либо изменений в отлаживаемую программу задавать весьма сложные условия для выработки сигнала прерывания, по которому происходит останов программы либо передача управления к любой отладочной программе, записанной программистом на свободном месте памяти. Например, условие может выглядеть так: «Выработать сигнал прерывания, если будет выполняться передача управления в такую-то группу ячеек памяти...», или «...Если будет производиться запись в такую-то ячейку памяти...», или «...Если будет производиться преобразование такого-то регистра...», или «...Если для формирования адреса обращения к памяти в качестве базы (или индекса) будет использоваться такой-то регистр адресного модификатора» и т. д. и т. п. Действия отладочной программы, вызываемой сигналом прерывания, могут состоять в передаче на печать содержимого определенных регистров или ячеек памяти, либо в изменении содержимого каких-либо регистров или ячеек памяти, либо в выработке определенных сигналов оператору, либо в добавлении единицы в некоторый счетчик, либо в записи показаний электронных часов в момент прерывания и т. д. и т. п. Все эти действия могут предваряться проверкой некоторых дополнительных условий, а дальше управление может быть возвращено отлаживаемой программе для продолжения ее работы.

Все директивы могут передаваться с терминала как после остановки отлаживаемой программы, так и «на ходу», влияя на ход программы лишь в той мере, в какой оператор меняет содержимое отдельных регистров или ячеек памяти. Темп прохождения программы может измениться только благодаря включениям по сигналу прерывания дополнительной отладочной программы (обычно несколько команд); сама работа схемы совпадения (проверка заданных условий) во время прохождения отлаживаемой программы на скорость ее работы не влияет.

Первый вариант операционной системы М-10, который и сейчас поставляется всем потребителям машины в комплекте с аппаратурой, предоставляет все перечисленные и некоторые дополнительные возможности, но не одному программисту, а нескольким, работающим одновременно с 8 терминалов по разделению времени в интерактивном

режиме. Дополнительные возможности состоят, например, в расширении номенклатуры форм ввода-вывода информации по директивам с терминала: для ввода информации наряду с двоичной, восьмеричной, буквенно-цифровой формой и Автокодом-1 разрешена также десятичная форма с фиксированной или плавающей запятой, а для вывода наряду с двоичной, восьмеричной и буквенно-цифровой — также десятичный вывод и вывод в Автокоде-1 (через ретранслятор с машинного языка); последняя форма вывода может использоваться и для получения листингов отлаженных программ.

Регистр и схема совпадения при работе с этой операционной системой предоставляются разным пользователям по разделению времени — на тот же отрезок времени, что и центральный процессор. Если в данный момент задача некоторого пользователя пассивна, то директива на изменение условий в регистре совпадений с соответствующего терминала заменяет информацию не в самом регистре совпадений, а в фотографии этого регистра в памяти. При активизации задачи фотография регистра совпадений (может быть, уже измененная) пересылается собственно в регистр совпадений. Впрочем, по тому же принципу организовано исполнение директив на ввод информации в другие регистры, а также на вывод информации из них.

Таким образом, те возможности для отладки программ, о которых в одной отличной книге по программированию¹ говорится как о «деле почти неслыханном» (с. 359 русского перевода), ко времени издания этой книги в США (1975 г.) уже имелись в распоряжении пользователей М-10.

Главными ограничениями этой операционной системы являются малая номенклатура языков программирования (кроме Автокода-1, есть возможность пользоваться только транслятором с Алгола-60, но средств отладки программ на Алголе-60 очень мало) и невозможность управления прохождением программ в реальном масштабе времени.

В дальнейшем было создано еще три варианта операционной системы, которые все в настоящее время используются, но на разных образцах машины в соответствии с нуждами потребителей.

Один из вариантов называется «ОС реального времени». Он обеспечивает управление прохождением одной приоритетной задачи, связанной с реальным временем, а для задач других программистов, работающих с терминалов, выделяет свободные интервалы времени, предоставляя

¹ Йодан Э. Структурное проектирование и конструирование программ. Пер. с англ. М.: Мир, 1979.

им те же возможности, что и первый вариант операционной системы, и некоторые дополнительные. Приоритетная программа реального времени по-прежнему должна иметь свой диспетчер и свои программы ввода-вывода, но теперь эти части работают в непривилегированном режиме и управляют ходом программы и вводом-выводом только на логическом уровне. Переход к физическому уровню осуществляется обращениями к соответствующим разделам операционной системы. Предусмотрены специальные средства для автоматического устранения последствий сбоев.

Другой вариант называют обычно просто «ОС М-10». Он предназначен для того случая, когда машина используется для решения крупных научных и инженерных задач без привязки к реальному времени. В этом варианте предусмотрена возможность одновременной интерактивной работы по разделению времени до 48 программистов, причем, кроме традиционных для М-10 терминалов на основе пишущей машинки и перфоленточного оборудования, могут применяться терминалы на основе дисплея ЕС 7064 с клавиатурами и световым пером. Наряду с Автокодом-1 и теми же, что в первом варианте, средствами отладки на нем имеются также трансляторы и средства отладки программ на Ассемблере М-10, Алголе-60 и Фортране; предусмотрена возможность присоединения других языков, имеется развитая файловая система. Учитывая, что некоторые крупные задачи требуют даже при монопольном использовании машины многих часов непрерывной работы, для защиты от влияния случайных сбоев предусмотрены автоматическая запись содержимого памяти и регистров в контрольных точках программы, указанных программистом (с помощью директивы, переданной с терминала), и автоматический рестарт от последней контрольной точки в случае появления сбоя.

Еще один вариант операционной системы работает в тех экземплярах машины, которые используются для технического обслуживания крупной экспериментальной установки, ее тестирования и затем управления ходом обработки результатов эксперимента. За этим вариантом закрепилось жаргонное название «экспериментальная ОС», а его особенностью является возможность организовать одновременное прохождение в разделении времени нескольких равноприоритетных задач реального времени, управляемых с разных терминалов, — разумеется, с меньшими скоростями реакции на внешние сигналы, чем для одной приоритетной программы при использовании «ОС реального времени».

Все эти варианты, вероятно, можно объединить в единой многоцелевой операционной системе, но на это пока не хватило ни времени, ни сил. Да и пользователи, привыкшие к своим вариантам операционной системы, не проявляют готовности переходить к другим вариантам. Заметим, что «ОС М-10», упоминавшаяся выше, позволяет присоединять модули адаптации к языкам директив и обращений от пользовательских программ к операционной системе, применяемым в других вариантах операционной системы.

К сожалению, рамки настоящего введения не позволяют осветить полнее принципы проектирования ЭВМ М-10, как рамки сборника не позволяют рассказать подробнее о реализованных в ней технических решениях.

Опубликовано:

«Вопросы радиоэлектроники».

Серия ЭВТ. 1980. Вып. 9. С. 110–117

3.8. Список научных трудов М. А. Карцева

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
1.	Быстродействующая вычислительная машина М-2 То же на китайском языке	Печ. Печ.	Гостехиздат, М., 1957 Пекин, 1959	15 л.	И. С. Брук, Т. М. Александриди, В. Д. Князев и др.
2.	Арифметические устройства электронных цифровых машин То же на польском языке То же на китайском языке	Печ. Изд.	Физматгиздат, М., 1958 Мин-во народной обороны, Варшава, 1961 Пекин, 1963	8 л.	—
3.	Арифметика цифровых машин	Печ.	Изд. «Наука», М., 1969	28 л.	—
4.	Архитектура цифровых вычислительных машин	Печ.	Изд. «Наука», М., 1978	20 л.	—
5.	Вычислительные системы и синхронная арифметика	Печ.	Изд. «Радио и связь», М., 1981	19 л.	В. А. Брик
6.	Арифметический узел вычислительной машины М-2	Печ.	Сб. трудов конференции «Пути развития советского машиностр. и приборостр.», Москва, 1956	1 л.	—
7.	Ферритовое запоминающее устройство	Печ.	Сб. «Цифровая техника и вычислительные устройства», изд. АН СССР, Москва, 1959	1 л.	Ю. Н. Глухов, В. И. Золотаревский и др.
8.	Быстродействующее электростатическое печатающее устройство	Печ.	Сб. «Цифровая техника и вычислительные устройства», изд. АН СССР, Москва, 1959	0,5 л.	В. Д. Князев, В. П. Кузнецова

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
9.	Устройство для ускоренного выполнения умножения и деления	Печ.	«Вопросы радио-электроники», серия XII, вып. 12, 1959	1 л.	—
10.	Аппаратные методы перевода чисел из одной системы счисления в другую	Печ.	«Вопросы радио-электроники», серия XII, вып. 18, 1959	1 л.	—
11.	Об одном методе двоичного деления	Печ.	Сб. «Материалы научно-техн. конференции «Новые разработки в области вычисл. математики и вычисл. техники», Киев, 1960	1 л.	—
12.	Логические методы ускорения умножения в цифровых вычислительных машинах	Печ.	Сб. «Проблемы кибернетики», вып. 4, 1960	1 л.	—
13.	Принцип подвижных блокировок при построении схем электронных цифровых машин	Печ.	Доклады АН СССР, т. 135, № 5, 1960	0,3 л.	—
14.	Потенциальные полупроводниковые элементы и построение из них логических схем	Печ.	Сб. № 2 «Цифровая техника и вычислит. устройства», изд. АН СССР М., 1962	1 л.	Ю. В. Рогачев
15.	Автоматизация вычислений и развитие вычислительной техники	Печ.	Вестник АН СССР, № 11, 1962	1 л.	—
16.	Дробные основания системы счисления и их использование для ускорения операции в цифровых машинах	Печ.	Colloquium on the Foundations of Mathematics, Mathematical Machines and their applications. Изд. АН ВНР, Будапешт, 1965	1 л.	Е. В. Гливенко
17.	Арифметическое устройство	Печ.	Статья в БСЭ, Изд. 3, т. II	0,3 л.	—

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
18.	Вопросы построения многопроцессорных вычислительных систем	Печ.	«Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 5–6, 1970	1 л.	—
19.	Об одном способе динамического разделения оборудования в многопроцессорных вычислительных машинах	Печ.	«Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 9, 1970	0,5 л.	Л. Я. Миллер
20.	Использование естественной избыточности многомодульных систем для их контроля	Печ.	«Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 9, 1970	0,5 л.	В. А. Кислинский
21.	Распараллеливание вычислительных алгоритмов итерационного типа	Печ.	«Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 9, 1971	0,5 л.	—
22.	On the structure of Multiprocessor Systems	Печ.	IFIP Congress71 BTA4 – Hardware and Systems, Амстердам, 1971	0,5 л.	—
23.	Соотношение характеристик запоминающих устройств для ЦВМ, работающих с разделением времени	Печ.	«Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 7, 1973	0,8 л.	—
24.	Построение аппаратуры страничной организации памяти	Печ.	«Вопросы радиоэлектроники», сер. ЭВТ, вып. 7, 1974	0,8 л.	—
25.	Сравнительный анализ структур ЭВМ в системах управления ускорителями	Печ.	Труды 4-го Всесоюзного совещ. по ускорителям. Изд. «Наука», т. II, М., 1975	0,5 л.	—
26.	Структуры вычислительных систем и их эффективность при решении разных классов	Печ.	Препринт ИТМиВТ, № 11, М., 1977	0,5 л.	—

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
27.	Структура связей в крупных цифровых вычислительных маши- нах и вычислительных комплексах большой производительности и перспективы примене- ния в них волоконно- оптических линий связи	Печ.	Материалы 1-й Все- союзной конферен- ции «Волоконно- оптические линии связи», вып. 1, Москва, ВИМИ, 1977	1 л.	Р. П. Шидлов- ский
28.	Вычислительная маши- на М-10 То же на английском языке То же на английском языке (реферат)	Печ.	Доклады АН СССР, т. 245, № 2, 1979 Soviet Physics Doklady, v. 24, No. 3 (March, 1979) (США) Computer Control Abstracts, v. 15, No. 165. February, 1980, США	0,3 л.	—
29.	Некоторые вопросы структурной органи- зации специализиро- ванного оптоэлектрон- ного вычислительного комплекса	Печ.	Автометрия, № 2, 1980	0,5 л.	Б. Г. Маршалко
30.	Проблема организации параллельных вычисле- ний и структуры вычис- лительных систем	Печ.	Материалы конф. «ВСС и ЦКП-78», часть 1, Новоси- бирск, ВЦ СО АН СССР, 1980	0,7 л.	
31.	Принципы органи- зации параллельных вычислений, структуры вычислительных систем и их реализация	Печ.	Кибернетика, № 2, 1981	0,8 л.	—
32.	Основные принципы проектирования ЭВМ М-10	Печ.	«Вопросы радио- электроники», сер. ЭВТ, вып. 9, 1980 (с. 3–8)	0,5 л.	—

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
33.	Устройство управления ЭВМ М-10	Печ.	«Вопросы радио- электроники», сер. ЭВТ, вып. 9, 1980 (с. 9–17)	0,9 л.	Л. Я. Миллер, Г. В. Носаль, Л. Д. Баранов и др.
34.	Вычислительные системы параллельной обработки информации (рецензия на книгу Б. А. Головкина «Параллель- ные вычислительные системы»)	Печ.	Управляющие системы и маши- ны, № 6, 1982, с. 118–119	0,2 л.	—
35.	Опыт использования ЭВМ М-10 для решения крупных научных задач и перспективы развития векторных ЭВМ	Печ.	Бюллетень № 9 Координационного Комитета АН СССР по вычислительной технике, Москва, с. 91–98 (д.с.п.)	0,3 л.	—
36.	«Статический триггер»	Печ.	Авторское свид. № 129392 с приори- тетом от 28.09.1959		В. Л. Браилов- ский, Ю. Н. Глухов
37.	«Устройство для умно- жения»	Печ.	Авторское свид. № 129390 с приори- тетом от 04.09.59		—
38.	«Инвертор — формиро- ватель уровня»	Печ.	Авторское свид. № 13024 с приори- тетом от 28.09.59		В. Л. Браилов- ский, Ю. Н. Глухов и др.
39.	«Устройство для управ- ления оперативной памятью»	Печ.	Авторское свид. № 297070 с приори- тетом от 31.07.69		—
40.	«Цифровая арифмети- ческая система»	Печ.	Авторское свид. № 308428 с приори- тетом от 26.11.69		В. А. Кислин- ский, Л. З. Либуркин
41.	«Ассоциативное запо- минающее устройство»	Печ.	Авторское свид. № 277857 с приори- тетом от 03.06.69		В. А. Кислин- ский, А. А. Крупский
42.	«Устройство для связи в вычислительной системе»	Печ.	Авторское свид. № 314207 с приори- тетом от 28.08.69		Л. Я. Миллер, Г. В. Носаль, Г. И. Смирнова

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
43.	«Однотактное цифро-арифметическое устройство»	Печ.	Авторское свид. № 330450 с приоритетом от 03.06.70		В. А. Брик, Н. И. Гаврилин и др.
44.	«Вычислительная система»	Печ.	Авторское свид. № 362578 с приоритетом от 15.10.70		Л. Я. Миллер
45.	«Устройство для прерывания программ»	Печ.	Авторское свид. № 366473 с приоритетом от 25.09.70		Г. И. Смирнова
46.	«Вычислительная система»	Печ.	Авторское свид. № 419984 с приоритетом от 18.05.71		Л. Я. Миллер, Г. В. Носаль
47.	«Устройство для связи процессора с устройствами ввода-вывода»	Печ.	Авторское свид. № 495659 с приоритетом от 28.02.73		Б. И. Бочин, Л. З. Либуркин
48.	«Вычислительная система»	Печ.	Авторское свид. № 556709 с приоритетом от 09.10.74		В. А. Брик, Л. И. Лушпин, В. Н. Пахунов
49.	«Вычислительная система для обработки чисел и многомерных векторов»	Печ.	Авторское свид. № 561966 с приоритетом от 03.01.75		В. А. Брик, Л. И. Лушпин, В. Н. Пахунов
50.	«Многопроцессорная вычислительная система»	Печ.	Авторское свид. № 738458 с приоритетом от 04.05.77		В. А. Кислинский
51.	«Устройство для формирования адреса команды»	Печ.	Авторское свид. № 714397 с приоритетом от 14.04.78		В. А. Кислинский
52.	«Устройство для обработки информации»	Печ.	Авторское свид. № 868765 с приоритетом от 13.08.79		Е. А. Власова, В. А. Кислинский
53.	«Устройство для уплотнения информации»	Печ.	Авторское свид. № 918140 с приоритетом от 03.02.81		М. С. Белков, Е. А. Братальский
54.	«Устройство для побитовой обработки чисел, представленных в форме с плавающей запятой»	Печ.	Авторское свид. № 938284 с приоритетом от 09.09.80		Л. И. Лушпин, В.П. Лещинский, Л. Я. Миллер, В. Н. Пахунов

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
55.	«Вычислительная система»	Печ.	Авторское свид. № 946363 от 09.09.80		Е. А. Класова, А. Ю. Карасик, Л. Я. Миллер, В. А. Кислин- ский, А. М. Шафран
56.	Отчет ЭНИН АН СССР	Рук.	1951 г.	6 л.	И. С. Брук, Н. Я. Матюхин и др.
57.	Отчет ЭНИН АН СССР и Артил. инжен. Акаде- мии им. Ф. Э. Дзержин- ского	Рук.	1954 г.	1 л.	Романов, Т. М. Александриди и др.
58.	Отчет ЭНИН АН СССР и МЭИ	Рук.	1954 г.	0,8 л.	Р. Р. Лисициан, Т. М. Алексан- дриди и др.
59.	Отчет ЭНИН АН СССР и ЦНИИ-108 МО	Рук.	1954 г.	1,5 л.	И. С. Брук, Л. А. Вайн- штейн и др.
60.	Эскизный проект ЛУМС АН СССР	Рук.	1958 г.	25 л.	И. С. Брук, А. Л. Бруно и др.
61.	Технический проект ИНЭУМ АН СССР, инв. №№ 162, 163, 166	Рук.	1959 г.	30 л.	И. С. Брук, В. В. Бельн- ский и др.
62.	Отчет (ИНЭУМ) Инв. № 156	Рук.	1962 г.	2 л.	И. С. Брук, Г. И. Смирнова и др.
63.	Техническое описание Инв. № 83 (ИНЭУМ)	Рук.	1965 г.	12 л.	Ю. В. Рогачев и др.
64.	Отчет (ИНЭУМ) Инв. № 169	Рук.	1965 г.	2 л.	Г. И. Смирнова и др.
65.	Аванпроект (ИНЭУМ)	Рук.	1966 г.	7 л.	В. А. Брик и др.
66.	Эскизный проект (ИНЭУМ) Инв. № 113	Рук.	1967 г.	11 л.	В. А. Акчурин, В. А. Брик и др.
67.	Эскизный проект (фи- лиал № 1 ОКБ «Вым- пел»)	Рук.	1968 г.	17 л.	Л. В. Иванов и др.

№ п/п	Наименование	Рукописный или печатный	Издательство, номер, год	Кол-во печ. листов или страниц	Фамилии соавторов
68.	Аванпроект (филиал № 1 ОКБ «Вымпел») Инв. № мк103	Рук.	1969 г.	2 л.	Е. А. Браталь- ский и др.
69.	Аванпроект (филиал № 1 ОКБ «Вымпел») Инв. № 337	Рук.	1970 г.	5 л.	Л. Я. Рейн- гольд и др.
70.	Аванпроект (филиал № 1 ОКБ «Вымпел») Инв. № 338	Рук.	1970 г.	7 л.	Т. В. Архан- гельская и др.
71.	Аванпроект (филиал РТИ) Инв. № 548	Рук.	1970 г.	25 л.	Е. В. Гливенко и др.
72.	Аванпроект (филиал РТИ)	Рук.	1971 г.	12 л.	Л. В. Иванов и др.
73.	Эскизный проект (филиал РТИ) Инв. № 14497	Рук.	1971 г.	9 л.	Л. З. Либуркин и др.
74.	Эскизный проект (фи- лиал РТИ) ТД-459	Рук.	1972 г.	7 л.	Л. З. Либуркин и др.
75.	Предэскизная про- работка (филиал РТИ) ТД-527	Рук.	1973 г.	18 л.	Р. П. Шидлов- ский
76.	Отчет (филиал РТИ)	Рук.	1974 г.	12 л.	А. Ю. Карасик и др.
77.	Отчет (филиал РТИ) Инв. № мк798	Рук.	1974 г.	10 л.	В. И. Штерен- берг и др.
78.	Эскизный проект (фи- лиал РТИ) Инв. № 294	Рук.	1974 г.	4 л.	Л. З. Либуркин и др.
79.	Эскизный проект (НИИВК) Инв. № 318	Рук.	1975 г.	5 л.	Е. С. Шерихов и др.
80.	Техническое предложе- ние (НИИВК) Инв. № 323	Рук.	1976 г.	25 л.	М. И. Беляков, В. А. Кислин- ский и др.
81.	Эскизный проект (НИ- ИВК) Инв. № 371	Рук.	1977 г.	30 л.	М. И. Беляков, В. А. Кислин- ский и др.
82.	Эскизный проект (НИ- ИВК) Инв. № 441	Рук.	1980 г.	20 л.	М. С. Белков, М. И. Беляков и др.

Глава 4

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ НИИВК ИМ. М. А. КАРЦЕВА

Память о создателях ЭВМ нужна нам, живущим, и тем, кто придет на смену. Когда рвется ниточка памяти, протянутая из прошлого в будущее, нация деградирует и погибает. Давайте будем помнить об этом.

Основатель института — Михаил Александрович Карцев — главный конструктор, доктор технических наук, профессор, лауреат государственной премии СССР, участник ВОВ, кавалер орденов Ленина, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды. М. А. Карцев стоял у истоков создания вычислительной техники, в 1951 г. под руководством члена-корреспондента АН СССР И. С. Брука участвовал в создании первой в стране цифровой электронно-вычислительной машины М-1. Коллектив института под руководством М. А. Карцева разработал, изготовил, установил на радиолокационных узлах и командных пунктах системы СПРН и ПРО более 50 ЭВМ серии М-4, соединенных в единую сеть.



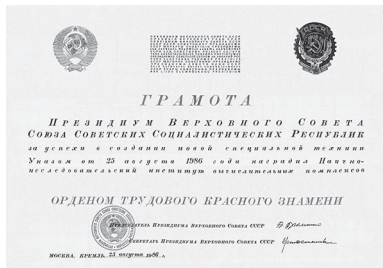
ЭВМ М-13

новил на радиолокационных узлах и командных пунктах системы СПРН и ПРО более 50 ЭВМ серии М-4, соединенных в единую сеть.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров Союза ССР от 6 ноября 1967 г. присуждена государственная премия СССР М. А. Карцеву за работу в области специальной радиоэлектроники.

Разработанные коллективом института ЭВМ М-10 и вычислительные комплексы составили основу вычислительной сети СПРН и космической системы, на командных пунктах действовало более 70 вычислительных машин.

За создание ЭВМ М-10 Постановлением ЦК КПСС и Совета Ми-



нистров СССР от 3 ноября 1977 г. присуждена государственная премия СССР 8 разработчикам института, 118 сотрудников награждены высокими государственными наградами.

По оценкам института математики АН СССР быстродействие ЭВМ М-10 на 64-разрядном формате превосходит БЭСМ-6 (48 разрядов) в 3,6–4,6 раза; ЭВМ ЕС-1060 – в 3,5 раза; Эльбрус-1 (48 разрядов) – в 2,4 раза.

Создание вычислительной машины четвертого поколения М-13, первой отечественной многопроцессорной векторно-конвейерной вычислительной машины, началось при М. А. Карцеве, а завершилось под руководством Ю. В. Рогачева.

Президиум Верховного Совета СССР от 25 августа 1986 г. за успехи в создании новой специальной техники наградил НИИ вычислительных комплексов орденом Трудового Красного Знамени.

С целью реализации государственной программы компьютеризации школьного образования разработана и запущена в серийное производство персональная ЭВМ «Агат». В течение трех лет ПЭВМ «Агат» являлась практически единственной персональной ЭВМ, выпускаемой серийно в нашей стране и поступившей в свободную продажу.



ПЭВМ «Агат»

Преодолев рубеж кризисных девяностых и двухтысячных, НИИВК им. М. А. Карцева смог осуществить реформирование системы управления научными исследованиями и разработками в области вычислительной техники и информационных технологий. Институт приступил к созданию востребованных оборонной и гражданской промышленностью модульных вычислителей на основе интегральных микросхем различных архитектур, позволяющих обеспечивать с высокой производительностью параллельные вычисления, цифровую обработку сигналов, в частности, для систем гидроакустики и радиолокации.

С постепенным выходом из кризиса, развитием транспорта, энергетики и ряда отраслей промышленности Российской Федерации в институте нарастал объем разработок по автоматизации технологических процессов АСУ ТП. Осваивались современные архитектуры микроконтроллеров, центральных и графических процессоров, внедрялись системы автоматизированного проектирования, суперкомпьютерные технологии, робототехника. Проводились широкомасштабные исследования в области электромагнитной совместимости, создания технологических



Экспонаты НИИВК
в Политехническом музее

и аварийных регистраторов данных для транспорта и промышленности.

Создавались новые поколения высокопроизводительных вычислителей, решавшие n -мерные системы нелинейных дифференциальных уравнений за единицы-десятки микросекунд. Подобные решения применялись, например, для задач адаптивной пространственной фильтрации, актуальных в системах ПРО и ПВО.

Разрабатывались системы реального масштаба времени для передачи, обработки и хранения больших объемов информации (облачные технологии).

Велись исследования в области структурной устойчивости средств электропитания, повышения показателей безотказности систем преобразования электрической энергии, электромагнитной совместимости, электроники для альтернативной энергетики.

Изучались новые принципы передачи информации, а также защиты вычислительной техники и автоматических систем управления от воздействия факторов деструктивного воздействия, в том числе и преднамеренных.

Политехнический музей — один из крупнейших научно-технических музеев в мире, он был создан в 1872 г. и всегда был популяризатором идей и решений, определивших путь научно-технического прогресса. В 1995 г. коллекция электронных вычислительных машин (ЭЦВМ) Политехнического музея усилиями института пополнилась отдельными блоками высокопроизводительных ЭВМ серии М, личными вещами М. А. Карцева, персональной ЭВМ «Агат». В результате в музее создан личный фонд М. А. Карцева и открыта экспозиция разработок НИИВК. Три экспоната получили сертификат «Памятник науки и техники».

В институте организован музей истории разработок.

По заключению Российского национального подкомитета IEEE computer Society компьютерная информатика в России, СССР началась с работ И. С. Брука. 4 декабря 1948 г. Государственный комитет Совета Министров СССР по внедрению передовой техники в народное хозяй-



В музее НИИВК

ство под № 10475 зарегистрировал заявку И. С. Брука и Б. И. Рамеева на изобретение цифровой вычислительной машины.

4 декабря отмечается как День российской информатики.

В декабре 1951 г. под руководством члена-корреспондента АН СССР И. С. Брука была принята в эксплуатацию первая в России цифровая вычислительная машина АЦВМ М-1, в ее создании активное участие приняли М. А. Карцев, Ю. В. Рогачев, Р. П. Шидловский. Более подробно ознакомиться с материалами о М-1 можно в Виртуальном компьютерном музее.

История разработок института нашла отражение в научном издании Министерства промышленности и торговли «История отечественной электронной техники».

Научные статьи сотрудников института публикуются в журналах «Вопросы радиоэлектроники», «СТА», «Современная электроника».

НИИВК совместно с Политехническим музеем в рамках проекта «История инженерной мысли России» выпустил буклет «Михаил Александрович Карцев — выдающийся конструктор вычислительных комплексов».



И. С. Брук

ВИРТУАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ
МУЗЕЙ

Семинар Виртуального компьютерного музея в музее НИИВК



В серии «Создатели отечественной электроники» выпуск № 3 посвящен М. А. Карцеву.

К 90-летию ветерана радиопромышленности, участника ВОВ, лауреата Государственной премии, к. т. н. Рогачева Юрия Васильевича выпущена брошюра «Жажда жизни».

...сочтемся Славою...

М. А. Карцев

Постскрипtum

Тридцатилетний период творчества пришелся у Карцева на 50–80-е годы XX в., наполненные жестким военным противостоянием двух сверхдержав, США и СССР, в эпоху холодной войны.

Именно на этом фоне проходило рождение и развитие отечественной вычислительной техники: сокращенный до уровня легенд и разведок обмен информацией, технологиями и изделиями не оставлял других путей, как только использование собственного научного потенциала, собственных исследовательских и промышленных технологий.

Теперь, уже с высоты прожитых лет, видно, как короток был этот век и как неизмеримо много удалось сделать: наряду с заметным участием в рождении архитектур первых отечественных ЭВМ М. А. Карцев в качестве ученого и главного конструктора создал и развил направление специализированных ЭВМ и вычислительных комплексов повышенной готовности и надежности, в том числе с многопроцессорной векторной архитектурой, для одной из систем стратегического паритета — системы предупреждения о ракетном нападении.

Стратегический паритет был достигнут, и свою заметную роль в этом сыграли машины Карцева. Конечно, как всегда, советский ответ был «асимметричным». Однако даже при создании архитектур специализированных ЭВМ и ВК М. А. Карцевым и его соратниками были сформулированы идеи, нашедшие свое «законное» место в традиционной вычислительной технике.

Вот некоторые из них:

- асинхронная и синхронная временная диаграмма выполнения операций;
- одноадресная команда, одноадресная команда с непосредственным операндом;
- широкий набор логических и арифметических операций с фиксированной и плавающей запятой, операции управления;
- 29-разрядная информационная шина;
- специализированное сопряжение с внешними устройствами и абонентами;
- внешний вычислитель;
- широкая команда переменного состава и формата с непосредственным операндом; «партитура» команд;
- виртуальная память с ассоциативными регистрами; виртуальная адресация машин в синхронном комплексе; управляющий процессор;
- векторная числовая арифметика переменного формата с фиксированной и плавающей запятой; логические, арифметические и векторные операции; булевская арифметика;
- векторный процессор «обработки функций» с широким набором операций над комплексными числами;
- 512-разрядная информационная шина;
- широкоформатный мультиплексный канал; программируемое абонентское сопряжение;
- «трехлинейная» архитектура вычислительных комплексов.

За каждым из этих архитектурных фрагментов стоят люди, творческий коллектив, созданный М. А. Карцевым.

Глава 5

ДРУЗЬЯ И КОЛЛЕГИ О М. А. КАРЦЕВЕ

5.1. Его труды вошли в сокровищницу мировой науки и техники

*Савин А. И.,
Герой Социалистического Труда,
лауреат Ленинской
и Государственных премий СССР и РФ,
академик РАН*



Анатолий Иванович
Савин

Михаил Александрович Карцев вошел в вычислительную технику в самом начале ее зарождения и оставил яркий след в ее развитии. Как главный конструктор электронных вычислительных машин он принял участие в создании крупнейших проектов комплексной системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН), обеспечившей руководство страны достоверной информацией об обстановке в космическом пространстве.

Фундаментальные научные труды, реализованные Михаилом Александровичем в конкретных ЭВМ четырех поколений, были опубликованы в пяти монографиях и вошли в сокровищницу мировой науки и техники.

A handwritten signature in dark ink, which appears to read 'Savin'.

5.2. М. А. Карцев был талантлив во всем

*Иванов Л. В., д. т. н.,
лауреат Государственной премии СССР*

Один из столпов отечественной вычислительной техники Михаил Александрович Карцев прожил внешне простую и типичную для его поколения жизнь. Он родился в 1923 г., окончил школу, прошел всю войну, завершив ее старшиной в Праге, учился на радиофакультете Московского энергетического института, затем работал более тридцати лет «на одном месте» до самой смерти в 1983 г. Вот и все, однако... Вчерашний фронтовик за один год проходит два курса института, а учебу на старших курсах совмещает с самостоятельной работой над одними из первых ЭВМ.

В дальнейшем практически им одним сформировано целое направление вычислительной техники управляющих ЭВМ (реального времени), создана первая серийная многопроцессорная суперЭВМ, в течение десятилетия остававшаяся флагманом отечественных машин. М. А. Карцев — основатель Научно-исследовательского института вычислительных комплексов, научно-технической школы, автор фундаментальных монографий по вычислительной технике.

М. А. Карцев был талантлив во всем, в любой области знаний, культуры и человеческих отношений. У него был светлый талант моцартовско-пушкинского склада. И этот талант развился и раскрылся благодаря огромной энергии, целеустремленности и работоспособности его хозяина.

Михаил Александрович был человеком высочайшей эрудиции и энциклопедических знаний. Его знания были глубоки и высокопрофессиональны, охватывали не только все разделы вычислительной техники, но и многие смежные и прикладные области. М. А. Карцев был по-настоящему прозорливым ученым. Многие его идеи, реализованные им в практических работах, намного опережали свое время, становились понятными и использовались другими лишь спустя многие годы.



Леонид Васильевич
Иванов

М. А. Карцев отличался необыкновенной дерзновенностью и смелостью; он брался за такие работы и принимал такие решения, которые казались не только рискованными, но и невыполнимыми. Но в его жизни не осталось ни одного неосуществленного замысла. Конечно, эта смелость опиралась на здравый расчет, но кроме этого — на оптимизм и интуицию Карцева, его постоянное стремление сделать как можно больше, скорее и лучше, на веру в свой талант и талант своих сотрудников. И это создавало окрыленность в работе и, как магнитом, тянуло людей к Карцеву. Он был ученым и инженером, но по своему духу и устремлениям — прежде всего инженером. Вся его жизнь была нацелена на конечный практический результат, и свою жизненную задачу М. А. Карцев выполнил вполне. Он был в высшей степени интеллигентен в любом обществе и при любых обстоятельствах. И вообще он относился к той немногочисленной категории людей, которые составляют цвет нации и без которых нация не может существовать.

Еще будучи студентом, в 1950 г. Михаил Александрович пришел в Лабораторию электросистем Энергетического института им. Г. М. Кржижановского (ЭНИН) АН СССР. Лабораторию возглавлял член-корреспондент АН СССР И. С. Брук, который был одним из инициаторов развития вычислительных машин в стране, несмотря на гонения на «лженауку» кибернетику. Разработку первой машины лаборатории возглавлял только что окончивший институт Н. Я. Матюхин, и к этой работе подсоединился студент Карцев. Разработку следующей ЭВМ — М-2 — в 1952–1953 гг. возглавлял уже инженер Карцев. Им самим разработано арифметическое устройство машины, и с тех пор эта тематика становится его любимым детищем. В 1957 г. Карцев проводит последнюю модернизацию М-2 — разрабатывает для нее первую в стране ферритовую память типа 3D. Эта работа казалась практически невыполнимой из-за плохого качества сердечников собственного изготовления, и вряд ли кто-нибудь, кроме Карцева, взялся бы за нее. Машина М-2 имела высокое по тем временам быстродействие — 2000 оп/с, емкость памяти — 16 Кбайт, широкий список операций над числами с фиксированной и плавающей запятой, страничную организацию памяти — весьма высокие показатели мирового уровня.

На машине М-2 выполнены расчеты научных задач для Института атомной энергии им. Курчатова, Института теоретической и экспериментальной физики, Института механики АН СССР, нескольких лабораторий ЭНИН АН СССР и др.

Научная сторона этого периода жизни Карцева отразилась в первой его книге «Арифметические устройства электронных цифровых машин»

(Физматгиз, 1958 г.) — одной из первых книг в стране по вычислительной технике. В ней проведена идентификация и систематика арифметических схем, сформулированы основные принципы их построения и предложены критерии сравнительной оценки. Эта книга стала откровением для ее читателей — разработчиков ЭВМ, на долгие годы оставаясь настольной книгой. Эти же материалы стали основой кандидатской диссертации Карцева.

В 1956 г. Лаборатория электросистем выделяется из ЭНИН АН СССР в самостоятельную Лабораторию управляющих машин и систем, которая с 1958 г. получит название Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ). В этот же период начинается работа над новой машиной М-5, которую возглавил М. А. Карцев. Эта работа могла бы стать следующим значительным этапом в жизни Михаила Александровича. По свидетельству работавших с ним тогда инженеров и математиков, им были заложены в М-5 блестящие идеи. Однако начатой работе не суждено было завершиться. Карцев был отстранен И. С. Бруком от работ по М-5. Это была большая драма в жизни Карцева. Происходит поворот его интересов в сторону управляющих машин (1958—1959 гг.). Под эти работы был создан тематический отдел, который он возглавил.

Первый образец первой управляющей машины (М-4) начал работать в 1961 г., второй образец (М-4М) — год спустя. Эта машина была построена на первых серийных отечественных транзисторах и диодах и является одной из первых в стране транзисторных ЭВМ. Ее быстродействие составляло 20 тыс. оп/с. В этой машине уже прослеживаются особенности, связанные с ее назначением и являющиеся в то же время новшествами в вычислительной технике: аппаратная реализация некоторых сложных операций (корень, двойное сравнение и т. п.), внутренняя постоянная память для хранения программ и констант, функциональное распараллеливание вычислений благодаря использованию специализированных процессоров вводавывода, первичной обработки информации и т. п. Предполагалось запустить эту машину в серию, однако к этому времени у Карцева появились новые идеи, а технические средства сильно шагнули вперед. Очень быстро была разработана новая машина того же назначения на новых транзисторах и диодах, и она сразу же была запущена в производство без какого-либо макетирования экспериментальных образцов.

Это был первый подобный опыт, который стал в дальнейшем традицией: разработка проекта высокого уровня качества, пригодного сразу для серийного выпуска. Такой подход требовал высокой квалифика-

ции, ответственности и определенной смелости прежде всего главного конструктора, но давал огромную экономию средств, времени и сил, особенно присоздании больших машин. Эта машина (М-4-2М), выпущенная серийно с 1964 г., была разработана всего за два года и на порядок превосходила свою предшественницу. Она имела быстродействие 220 тыс. оп/с, емкость оперативной памяти 128 Кбайт, емкость внутренней постоянной памяти 128 Кбайт, развитую систему прерываний (28 каналов), высокую скорость реакции на внешние сигналы.

В дополнение к М-4-2М на той же технической базе был разработан периферийный вычислитель М-4-3М с разветвленной системой внешних связей. Он выпускался серийно с 1967 года. Система из М-4-2М и М-4-3М развивала быстродействие около 400 тыс. оп/с и отличалась высокой надежностью — около 700 ч наработки на отказ. На этой основе были созданы шесть типов вычислительных комплексов.

Новации, заложенные Карцевым в машинах от М-4 до М-4-3М, стали основой его докторской диссертации (1965 г.). В эти же годы он завершил свою вторую книгу «Арифметика цифровых машин» (Наука, 1969 г.), которая является развитием его первой книги. Им был учтен опыт не только личный, но практически весь мировой опыт в быстро развивающейся области арифметических устройств.

Следующая и все остальные страницы жизни Карцева связаны с идеей многопроцессорности ЭВМ. Нельзя утверждать, что Карцев в числе первых обратился к этой идее. Но он первым подошел к ней конструктивно со всей серьезностью и страстью, и ему первому удалось создать серийную многопроцессорную машину — суперЭВМ М-10, намного и надолго превосходившую другие отечественные ЭВМ. К тому же М-10 предназначалась и для работы в сложных системах в реальном масштабе времени с большими потоками информации. Такая большая практическая удача оказалась возможной благодаря многим принятым в М-10 новациям и гармоничному выбору технических решений в разных областях: согласованность предметной области предполагаемых задач, алгоритмов задач и структуры ЭВМ; согласованность сложности задач (объема вычислений), производительности ЭВМ, элементнотехнической базы и объема оборудования ЭВМ и т. п.

Принцип многопроцессорности является глобальной стержневой идеей развития вычислительной техники, без которой просто не существует ее будущего. Карцев понял это одним из первых. В первой половине 60-х годов (1963—1964 гг.) он делает доклад на НТС ИНЭУМ о концепции практической разработки многопроцессорной системы — это

первая высказанная вслух заявка на такую работу. Обычно саркастически настроенный председатель НТС, директор И. С. Брук сделал единственное замечание: аппаратура столь большого объема может быть реализована лишь на микросхемах. А отечественных микросхем в то время еще не было. Но Брук, конечно, был прав.

В 1967 г., учитывая успехи в области управляющих машин, Карцеву удается выделить свой отдел из ИНЭУМ в самостоятельный институт, который в дальнейшем получил название НИИ вычислительных комплексов (НИИВК). Работы по многопроцессорным ЭВМ активизируются.

Решающим для судьбы М-10 было авторитетное совещание в 1967 (или в 1968) году, на котором рассматривалась перспективность двух начатых разработок: «Эльбрус» (академик С. А. Лебедев) и М-10 (М. А. Карцев). С. А. Лебедев высказался решительно против многопроцессорности в «Эльбрусе» и отстаивал однопроцессорный вариант максимального быстродействия. Академик В. М. Глушков поддержал оба направления. Оба направления и были одобрены.

Серийный выпуск машины М-10 начался в 1974 г. Государственные испытания в составе крупной системы завершились в 1976 г. Работа над М-10 отняла много лет жизни Михаила Александровича. В 1971 г. он перенес тяжелый инфаркт, в 1976 г., во время испытаний, вынужден был несколько месяцев провести в больнице.

Машина М-10 была построена практически на первых отечественных микросхемах ДТЛ-типа: серий ТТЛ- и тем более ЭСЛ-элементов тогда еще не существовало. Такт работы машины составлял около 2 мкс, быстродействие свыше 5 млн оп/с, емкость главных оперативной и постоянной (с многократной сменой информации) памяти — по 0,5 Мбайт, емкость большой оперативной памяти — 5 Мбайт, пропускная способность мультиплексного канала — 53 Мбайт/с. Впервые в мире была реализована многоформатная векторная структура, мультиплексный канал имел возможность независимого обмена с двумя уровнями памяти. Впервые в стране осуществлен широкий и переменный формат обращения к памяти от 1 до 64 байт (эта идея находит широкое применение в современных системах!), операционная система обеспечивает режимы разделения времени и реального масштаба времени.

Несмотря на то что М-10 была сделана на микросхемах, она содержала очень большое количество оборудования: около 700 тыс. корпусов микросхем, 400 корпусов транзисторов и диодов в электронном обрамлении запоминающих устройств, 40 млн ферритовых сердечников.

Достаточно сказать, что площадь, занимаемая ЭВМ, составляла около 200 кв. м, а потребляемая мощность — 70 кВт. Это, наверное, самая большая машина в мире. Несмотря на это, ее надежность была достаточно высокой — 50–100 ч наработки на отказ. Разработка М-10, как и М-4, прошла без макетирования, первые же образцы М-10 работали в промышленных комплексах. Это дало экономию времени при разработке не менее четырех лет. Безмакетное проектирование, в частности, оказалось возможным благодаря выбору технических решений, либо освоенных, либо легко осваиваемых в серийном производстве. Элементная база не обладала максимальным быстродействием, а высокая производительность ЭВМ обеспечивалась в том числе и структурными методами параллелизма процессоров. В настоящее время ЭВМ с параллельными архитектурами (с «умеренным» параллелизмом) признаны наиболее экономически выгодными.

В 1968 г. вышел в серию модернизированный вариант М-10М, в котором все запоминающие устройства были переведены на новую базу; размеры машины и потребляемая мощность уменьшились почти вдвое. На базе М-10 и М-10М создано семь типов вычислительных комплексов повышенной надежности, опробована созданная в Институте система оптоэлектронного межмашинного обмена. На этих машинах проделаны уникальные научные расчеты, которые в то время не могли быть выполнены ни на одной другой отечественной машине не только из-за более низкого быстродействия, но и из-за значительно меньшей емкости внутренней памяти.

В 1978 г. выходит давно начатая М. А. Карцевым книга «Архитектура цифровых вычислительных машин», а в 1981 г. (совместно с В. А. Бриком) — «Вычислительные системы и синхронная арифметика». Первая книга подводит итог научной проработки однопроцессорных ЭВМ, вторая книга открывает первые страницы исследования многопроцессорных систем.

Во второй половине 1970-х гг. М. А. Карцев начинает разработку новой векторной ЭВМ М-13 для обработки больших массивов и потоков информации в реальном времени. Эта машина должна была, как и М-10, относиться к классу суперЭВМ с большим на порядок быстродействием. Впервые в отечественной практике в структуре этой машины предполагался мощный процессор сигнальной обработки (до 2 млрд оп/с). Разработка машины была завершена, а изготавливать ее оказалось нелегко. Было потеряно несколько лет. Серийный выпуск М-13 начался в 1986 г. — уже после смерти Михаила Александровича.

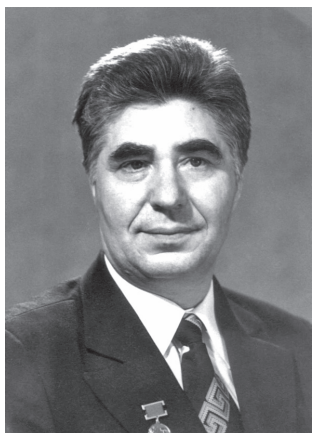
Помимо основного направления — управляющих суперЭВМ, Карцев первым в стране занялся персональными машинами, первые образцы которых («Агат») появились в 1983 г. Другим важным направлением Карцев считал оптоэлектронику, работы над которой были начаты в 1970-е гг.

Не следует думать, что М. А. Карцев был лишь главным конструктором. Он был и директором. Благодаря его личности в институте установилась атмосфера демократизма, доброжелательства и доверия — та жизненная атмосфера, к которой только еще начало стремиться наше общество. С 1967 г. только что образованный НИИВК не имел своего помещения и размещался в арендованных подвалах и нежилых зданиях, однако Михаил Александрович добивается строительства, и уже в 1975 г. НИИВК получает свое здание, но и его становится мало. Растет институт, создается мощный вычислительный центр. Карцев добивается выделения новой территории и нового строительства. Если бы не его успехи как директора и главного конструктора, вряд ли это было бы возможно.

В начале 1980-х гг. тем не менее ситуация с НИИВК обостряется, производство М-13 заходит в тупик, назревает кризис. Это отражается на всем коллективе и в первую очередь на М. А. Карцеве. Его здоровье ухудшается. Михаил Александрович ищет выход из положения. И находит. Но это стоило ему жизни. Не дожив двух недель до своего шестидесятилетия, Михаил Александрович умирает. Через несколько месяцев кризис разрешается, еще через год институт въезжает в новое здание, через два года начинается перестройка... Вот когда так был бы нужен Карцев!

5.3. Михаил Александрович был человеком, одержимым вычислительной техникой

*Рогачев Ю. В., к. т. н.,
директор НИИВК (1983–1988)*



Юрий Васильевич
Рогачев

В 1986 году институт был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Дорогие товарищи! С чувством огромной радости, с гордостью за вычислительную технику воспринял коллектив известие о награждении института орденом Трудового Красного Знамени. Позвольте мне от имени руководства, партийной, профсоюзной, комсомольской организаций и от всего коллектива института выразить глубокую признательность Центральному Комитету нашей партии, Президиуму Верховного Совета СССР, Советскому Правительству, руководству Министерства радиопромышленности за высокую оценку

нашего труда — награждение института орденом. Такая высокая оценка показывает, что направление работ института является актуальным, и коллектив в этом добился определенных успехов.

Разработанные институтом вычислительные машины и построенные на их основе вычислительные комплексы обладают высокими техническими и эксплуатационными характеристиками. Все разработки института освоены производством, введены или вводятся в эксплуатацию у потребителей и успешно работают на различных объектах.

Петр Степанович в своем выступлении (рис. 5.4) дал высокую оценку работам института по созданию высокопроизводительных вычислительных средств.

В своем выступлении я хочу остановиться на некоторых конкретных организациях и лицах, которые внесли значительный вклад в результаты нашей работы.

Прежде всего, наши успехи в создании вычислительных машин и комплексов в значительной мере связаны с именем крупнейшего ученого в области вычислительной техники, основателя нашего института



Рис. 5.4. На трибуне министр П. С. Плешаков

Михаила Александровича Карцева. Михаил Александрович был человеком, одержимым вычислительной техникой. Он растил коллектив и воспитывал его в духе такой же одержимости. Практически все сотрудники, которые начали свою трудовую деятельность у М. А. Карцева, стали ведущими специалистами по вычислительной технике. М. А. Карцев был генератором научных идей и технических решений. Именно им была предложена структура векторных многопроцессорных ЭВМ, обеспечивающих параллельную обработку больших массивов информации в реальном масштабе времени. Это направление является основным в работах института и в настоящее время. Он заботливо выращивал специалистов и по вычислительным машинам, и по программному обеспечению. В прикрепленный сегодня на знамя института орден Трудового Красного Знамени внесен значительный вклад М. А. Карцева.

Но наш опыт показал, что на каком бы высоком уровне ни были проведены теоретические исследования, какой бы тщательной ни была разработка, она получит положительную оценку и даст практический выход только в том случае, если будет освоена производством. Нашему институту в этом отношении очень повезло. В 1958 г. мы передали на Загорский электромеханический завод конструкторскую документацию на одну из первых в нашей стране полупроводниковых ЭВМ. С тех пор вот уже почти 30 лет все наши разработки получают путевку в жизнь на этом заводе. Хочется особенно отметить большой вклад директоров завода В.

Г. Попова, В. А. Курочкина, А. Ф. Гурского, бессменного главного инженера А. Г. Шишилова, начальника ОКБ Ю. Н. Успенского и многих других. В тесном творческом содружестве руководства и коллективов института и завода заложен успех выполнения порученных работ. Перевод института в общее с заводом Главное управление еще больше сближил наши коллективы и явился решающим фактором успешного запуска в производство последней крупной разработки М. А. Карцева – машины М-13, изготовление которой тормозилось другими заводами.

Вычислительные машины и вычислительные комплексы, создаваемые институтом, представляют собой мощные системы. Ввод их в эксплуатацию требует высокого уровня знаний, четкой организации работ и значительного времени. Такую работу вместе с нами успешно выполняет коллектив Головного производственно-технического предприятия (ГПТП). Большой вклад в эти работы внесли В. И. Курышев, И. Н. Ярыгин, В. А. Валястов.

Успешному выполнению работ в значительной мере способствовал деловой подход и взаимопонимание со стороны заказчика и его представителей при решении вопросов, возникавших в процессе разработки, производства и ввода в эксплуатацию вычислительных машин. Как показывает длительный опыт эксплуатации, созданные институтом ЭВМ устойчиво работают у всех потребителей. Этот факт подтверждает хорошую подготовку обслуживающего персонала заказчика и высокий уровень технического обслуживания вычислительных машин на местах эксплуатации.

Тесное сотрудничество и взаимопомощь разработчиков математического обеспечения машин и системных программистов, а также разработчиков, изготовителей и эксплуатационников аппаратуры на всех этапах создания новых видов вычислительных средств являлись решающим фактором успешного завершения работ на объектах главных конструкторов В. Г. Репина, А. И. Савина, В. М. Иванцова. Сохранение этого взаимодействия в настоящее время является прочной гарантией успешного завершения работ по вводу в эксплуатацию ЭВМ М13 на объектах главного конструктора А. А. Васильева.

Пользуясь тем, что здесь присутствуют представители организаций и учреждений, которые своей деятельностью помогают успешному проведению работ института по созданию вычислительных средств, выражаю им благодарность от имени всего коллектива.

*Из выступления на торжественном собрании
коллектива в Колонном зале Дома Союзов
при вручении институту ордена
Трудового Красного Знамени (1986 год)*

5.4. М. А. Карцев – учитель, наставник, друг

Шидловский Р. П., к.т.н.

Мое общение и работа с М. А. Карцевым начались в 1950 г., когда я поступил на работу в лабораторию электросистем Энергетического института АН СССР. Располагалась лаборатория в части помещения рыбного магазина в доме 18 по Ленинскому проспекту. В соседнем доме (дом 16) проживал тогда я, что во многом определило то, что я пришел в эту лабораторию.

То, что в лаборатории, помимо работ в области энергетических электросистем, велись и работы по созданию первой в СССР электронной вычислительной машины М-1, я узнал, придя на работу в лабораторию. Велись эти работы полулегально и полусекретно ввиду того, что работа в области кибернетики в то время еще не полностью освободилась от такого определения, как «лженаука».

Через несколько месяцев после меня в лабораторию пришел студент-дипломник М. А. Карцев, к которому я был определен в качестве техника.

Сразу, что отмечалось при разговоре с М. А. Карцевым, — это его абсолютная интеллигентность при общении с коллегами по любым вопросам вне зависимости от их статуса, его уважительная манера разговора с собеседником, которая давала собеседнику возможность чувствовать себя равным. Что касается меня, то я почувствовал в М. А. Карцеве учителя, мудрого наставника и друга, на которого можно было положиться во всем. А научиться у М. А. Карцева было чему. Он был старше меня, прошедшим войну фронтовиком, который, будучи в студенческие годы больным туберкулезом, проходил два курса института за один год, изучил английский язык и находил при этом время для подработки на жизнь сколачиванием ящиков.

МЭИ М. А. Карцев закончил с отличием. Декан радиотехнического факультета МЭИ академик Котельников как-то сказал, что он не знает на факультете ни одного студента, который не пользовался бы шпаргалками, кроме М. А. Карцева.



Рене Павлович
Шидловский

Вот каким был М. А. Карцев, когда мне посчастливилось с ним познакомиться и затем проработать вместе 33 года.

А что из себя представлял я? Только что окончивший техникум шалопай-радиолюбитель, умеющий самостоятельно нарисовать схему лампового усилителя низкой частоты, спаять и наладить ее, чтобы удивлять своих сверстников мощностью ее динамиков.

О том, что есть вычислительная техника и ЭВМ, которые могут делать сотни и тысячи операций в секунду, я узнал только с приходом на работу в лабораторию, где увидел стойки ЭВМ М-1 с сотнями работающих радиоламп и понял, как мало я знаю.

М. А. Карцев, отлично понимая мою несостоятельность в тех или иных рабочих ситуациях, очень ненавязчиво и с уважением с первых дней совместной работы начал развивать во мне признаки творческого мышления. Он вел разработку главного программного датчика ЭВМ М-1 (который в настоящее время можно интерпретировать как устройство центрального управления ЭВМ), в котором для меня все было новым, начиная с терминологии и функционального назначения составных частей этого устройства. Несмотря на несоизмеримую разницу в наших знаниях, при общении с ним, как правило, всегда присутствовало местоимение «мы» и имели место такие выражения: «а как думаешь ты», «а как твое мнение», «а может быть, мы сделаем так» и т. д. Он обладал способностью так объяснить необходимость решения задачи, что я не только понимал ее сущность, но и, как мне казалось, самостоятельно находил пути ее решения, испытывая от этого чувство творческого удовлетворения.

Вот так проходило мое обучение у М. А. Карцева, при котором каждый день работы с ним приносил новые знания и желание сделать на следующий день больше и лучше, чем в предыдущий.

Интересовался М. А. Карцев и ходом моей учебы на заочном отделении МЭИ, куда я поступил учиться по совету и настоянию И. С. Брука, который позволял мне раньше уходить для этого с работы.

Наступил 1952 г., год, когда с помощью М. А. Карцева я получил путевку в качественно новую для меня будущую жизнь. История получения этой путевки была такова.

В 1952 г. правительство выпустило постановление об организации в таких высших учебных заведениях, как МЭИ, МАИ и МВТУ им. Баумана (возможно, и в других, но я об этом не знаю), отделений по ускоренной подготовке инженеров по радиотехническим специальностям из лиц, работающих и окончивших по этой специальности техникум.

Постановление это было каким-то полужакрытым, и узнал я о нем от М. А. Карцева. Условия для учебы на этих отделениях были идеальными. Обучение было дневным, длилось два с половиной года и заканчивалось выдачей типового диплома о высшем образовании. В течение всего времени обучения предприятие, на котором раньше работали студенты, выплачивало им среднюю заработную плату, а институт – студенческую стипендию. За путевкой в этот «рай» я обратился к И. С. Бруку, но получил отказ, мотивированный такими соображениями:

1) не надо дергаться и лучше продолжить обучение на заочном отделении, так как за два с половиной года я мало чему там научусь и только потеряю время;

2) я был единственным техником у М. А. Карцева, который ведет большую работу, и ему очень нужен техник, а взять на работу нового техника он не может, так как штатная единица занята мной, а получить новую очень трудно.

Вопрос повис в воздухе, несмотря на то, что уговорить И. С. Брука дать мне нужное направление пытался и М. А. Карцев. Был еще один шанс – обратиться за направлением непосредственно к директору института, академику Г. М. Кржижановскому, но на это я не решался, так как думал, что без согласования с И. С. Бруком он направление не даст, а отношения мои с И. С. Бруком надолго будут испорчены.

И вдруг через несколько дней мне звонит секретарь Г. М. Кржижановского и просит меня зайти к нему, не ставя в известность И. С. Брука и других сотрудников лаборатории. М. А. Карцеву я об этом все же сказал, чему он был очень рад и сказал мне, чтобы я ничего не боялся, и проводил меня буквально до дверей кабинета директора. Г. М. Кржижановский поинтересовался моей работой, семьей и т. д., и меня удивило то, что он все знает обо мне, и даже то, что я скрывал на работе, то, что мой отец – французский коммунист, приехал в СССР в 1921 г. и был в 1938 г. репрессирован. Он сказал, что даст мне необходимое направление при условии, что об этом не будет знать И. С. Брук. Он собственноручно написал направление, которое было напечатано, подписано и выдано мне на руки. Прием на учебу на эти отделения проводился без вступительных экзаменов по направлению предприятия и результатам собеседования в деканате факультета. Направление у меня было на руках, и какое! Подписанное академиком Г. М. Кржижановским, известным большевиком ленинской гвардии, другом В. И. Ленина, членом ЦК КПСС. Меня приняли сразу в два института – МЭИи МАИ. Собеседование я прошел удачно, так как за два года я научился у М. А. Карцева

многому, да и перед собеседованием в деканате я, разумеется, прошел собеседование с М. А. Карцевым. Судьба моя дала крутой поворот — я стал студентом радиотехнического факультета МЭИ.

Но кому я должен быть благодарен за это? Конечно, Г. М. Кржижановскому, а также, что для меня было совершенно очевидным, М. А. Карцеву, моему учителю, наставнику и другу. Из беседы с Г. М. Кржижановским было видно, что он все знает о моей работе, обо мне и моей семье и отце, о чем на работе знал только М. А. Карцев.

И откуда у М. А. Карцева была уверенность в том, когда он говорил мне о том, что надо обратиться к Г. М. Кржижановскому, что он примет меня и даст мне необходимое направление, зная о позиции И. С. Брука? М. А. Карцев был очень ответственным за свои слова человеком и вряд ли советовал мне сделать это, если бы сам не поговорил предварительно об этом с Г. М. Кржижановским.

Институт я благополучно закончил, и надо было возвращаться на работу в лабораторию И. С. Брука, который после моего ухода на учебу меня не замечал и со мной не здоровался, когда я приходил в лабораторию за зарплатой.

Нужен был разговор с ним, который организовал М. А. Карцев. Конфликт с И. С. Бруком был исчерпан, и я возвратился на работу в лабораторию под руководством М. А. Карцева.

И снова, но с большим осознанием я ощутил радость и честь быть его коллегой и быть уверенным в завтрашнем дне. Он научил меня и всех нас, кто был рядом с ним, браться и выполнять, казалось бы, ранее невыполнимые работы и всегда наполнять их новым техническим и научным содержанием. Ведь достаточно посмотреть на основные технические характеристики назначения каждого нового поколения разработанных под руководством М. А. Карцева ЭВМ и увидеть, что характеристики каждого нового поколения из них на порядок выше, чем у предыдущего.

Работая с М. А. Карцевым и видя его одухотворенность работой, стыдно было работать плохо. Стыдно было не приходить к нему с новыми идеями и предложениями и чувствовать себя рядом с ним не у дел. Он всегда рвался в бой, в бой, осмысленный его гениальностью и рассчитанный только на победу, умел увлечь за собой других идти и побеждать.

А сколько трудностей пришлось преодолеть М. А. Карцеву на своем пути? Были трудности в продвижении своих идей и предложений, всегда отличавшихся своей дерзновенностью, новаторством и оригинальностью. Отдельные оппоненты, остепененные высокими научными степенями и званиями, мешали М. А. Карцеву в практической реализации

своих идей, мотивируя это их фантастичностью и невозможностью реализации иногда из-за непонимания, а иногда и из-за чувства зависти к конкуренту. И ему приходилось затрачивать много сил, чтобы доказать таким оппонентам свою научную и техническую состоятельность.

Мешало и то, что возглавляемый М. А. Карцевым коллектив сотрудников, создавая лучшие в СССР и мире ЭВМ (М10М), не имел долгое время собственных производственных площадей. Приходилось ютиться и работать в съемных подвалах и полуподвалах по всей Москве, без необходимого автотранспорта, современной оргтехники и возможности проведения экспериментальных исследований и изготовления макетов и опытных образцов аппаратуры. Последнее обстоятельство имело в какой-то степени и положительное значение, так как научило нас разрабатывать и запускать в серийное производство разрабатываемые ЭВМ прямо «с листа», что позволяло в конечном итоге экономить много времени и средств на разработку.

Мне довелось быть свидетелем и участником его последнего боя с чиновниками за «место под солнцем» его последнего детища, явившегося его «лебединой песней» как ученого и главного конструктора ЭВМ с мировым именем, — ЭВМ М-13, впитавшей в себя все достижения в архитектуре и технической реализации вычислительной техники на то время и определившей основные направления ее развития в будущем. ЭВМ М-13 была первой в СССР освоенной серийным производством ЭВМ класса суперЭВМ.

А суть борьбы была такова.

До этого времени все наши разработки были ориентированы на производство Загорского электромеханического завода (ЗЭМЗ), который прекрасно реализовал все предыдущие наши разработки и за многие годы стал для нас родным. ЗЭМЗ знал М. А. Карцева и нас, «карцевцев», и хотел взять на себя эту работу. Но чиновничий аппарат нашей вышестоящей организации настоял на поручении производства М-13 Днепропетровскому машиностроительному заводу (ДМЗ), который не хотел брать эту работу и всячески саботировал ее, ссылаясь на то, что она не профильная для него, на высосанные из пальца недостатки конструкторской документации (КД) на М-13 и т. д. В результате дело стояло на месте, а КД на М-13 пылилась в архивах. Прошло три года и приближалось время поставки М-13 на важнейший объект страны. Борьба за М-13 продолжалась и отнимала у М. А. Карцева много сил и здоровья.

И вот вместо объективной оценки положения дела и поиска разумного выхода из сложившейся ситуации вышестоящей организацией

принимается необоснованное решение о неудовлетворительной работе М. А. Карцева и возглавляемого им института. Это явилось последней каплей, подорвавшей здоровье нашего М. А. Карцева. Накануне празднования своего шестидесятилетия и за несколько дней до принятия решения о передаче производства М-13 на ЗЭМЗ сердце М. А. Карцева не выдержало, и он ушел из жизни.

Страна и мы вместе с ней потеряли выдающегося ученого и создателя отечественной вычислительной техники.

КД на М-13 вскоре была передана на ЗЭМЗ, который в кратчайшее время вместе с нами освоил ее серийное производство.

Дорогой наш Михаил Александрович Карцев, мы помним тебя и в ближайшее наше посещение твоей могилы мы будем рады сказать тебе, что созданный и выпестованный твоим трудом НИИВК живет и работает и память о тебе незабвенна в наших сердцах.

5.5. Работа с Михаилом Александровичем – подарок судьбы

Зенин В. Н.

В 1965 г., после службы в армии, на полигоне в районе Сары-Шагана судьба подарила подарок — на моем жизненном пути встретился человек высочайшей эрудиции, интеллекта, высшей степени интеллигентности, культуры; добрейшей души, человеческого обаяния и сопереживания, тонкого чувства юмора, УЧИТЕЛЬ — Михаил Александрович Карцев. Защищая свои идеи, разработки, которые намного опередили свое время, М. А. Карцев был непреклонно требователен и строг.

Меня, молодого специалиста, поражала и удивляла открытость и доступность М. А. Карцева. Здороваясь с сотрудниками, он непременно улыбался и называл всех по имени-отчеству, мог подойти к любому разработчику и включиться в обсуждение работы устройства, узла.

Работая на объектах с М. А. Карцевым, приходилось удивляться его работоспособности и самоотдаче, с трудом выдерживая тот ритм работы, который он задавал.

М. А. Карцев уделял много внимания сплочению коллектива, проведению творческих встреч. Встреча Старого Нового года стала хорошей традицией института.

Михаил Александрович очень радовался, когда нам удалось организовать отдых родителей с детьми в пансионате «Чисмена» и пионерский лагерь в Крыму.

Михаил Александрович Карцев был избран депутатом Черемушкинского райсовета и, несмотря на загруженность по работе, с головой окунулся в проблемы жителей района. На заседаниях райисполкома яростно защищал наших сотрудников на улучшение жилищных условий; в это время за сдачу объектов на боевое дежурство мы получили квартиры.

Михаил Александрович радовался как ребенок, когда он сдал на права по вождению автомобиля и начал ездить на «Волге» потрясающего по



Виталий Никитович
Зенин

тем временам цвета — «коррида». «Наконец что-то мне подчиняется и управляется беспрекословно», — заметил он.

Михаил Александрович был удивительно интересным рассказчиком анекдотов и историй о своих приключениях, при этом он заразительно смеялся сам.

Вот одно из них. По дороге из Киева Михаил Александрович ехал в Москву за рулем своей знаменитой «Волги» и по пути набрали полный багажник белых грибов. Где-то после белорусского полесья его тормозит инспектор ГАИ за нарушение правил дорожного движения!!! Михаил Александрович интеллигентно выслушивает замечания инспектора и, открывая багажник, деликатно предлагает взять грибов. Инспектор набрал, естественно, в две руки и с Богом отпустил. Каково же было удивление Михаила Александровича Карцева, когда он в багажнике «Волги» обнаружил белую крагу, набитую доверху металлическими рублями — тогда еще гаишники брали только металлические рубли. «Поездку я свою оправдал», — со смехом говорил Михаил Александрович.

Институт с гордостью и ответственностью носит имя Михаила Александровича Карцева. Мы всегда будем помнить, на плечах каких гигантов мы стоим.

5.6. Деликатность Михаила Александровича была удивительной

Колосов В. А., д. т. н., проф.

В институте М. А. Карцева я появился в конце 1972 г. Первая встреча с Михаилом Александровичем была посвящена вопросам совершенствования электропитания ЭВМ. Он подробно расспрашивал о возможности снижения объемов блоков питания при использовании методов импульсного преобразования электроэнергии. Для решения этой задачи я и был принят на должность научного сотрудника.

Михаил Александрович регулярно контролировал первые разработки импульсных преобразователей напряжения, вошедших в состав ЭВМ 66И6.

В 1980 г. я защитил кандидатскую диссертацию на Ученом совете института. М. А. Карцев много и заинтересованно задавал вопросы. Защита прошла успешно (единогласно «за»), диссертация была направлена в ВАК, после чего начались неприятности, от которых М. А. Карцев «избавлял» меня несколько месяцев. В ВАК пришла анонимка, обвиняющая меня во множестве «грехов», начиная от спорности научных положений диссертации и кончая моим моральным обликом. И хотя я не был членом КПСС, меня «разбирали» на парткоме с участием М. А. Карцева, готовили по каждому пункту «грехов» опровержения. Несколько вечеров Михаил Александрович помогал мне доказывать научность положений диссертации, ее практическую ценность и т. д.

Часто вспоминая тот период своей жизни, я задаюсь вопросом: стал бы я на месте Михаила Александровича столько времени тратить на молодого сотрудника.

С тех пор до настоящего времени я соизмеряю свое отношение к молодым сотрудникам с тем отношением ко мне Михаила Александровича в тот уже далекий 80-й год.

Деликатность Михаила Александровича была удивительной. Самое серьезное замечание от него ко мне выглядело так: «Валерий Алексеевич,



Колосов
Валерий Алексеевич

как так получилось, что вы недосмотрели...» Часто замечаю, к сожалению, что до данного уровня деликатности значительно «не дотягиваю».

Вспоминая постоянную поддержку Михаилом Александровичем сотрудников института при подготовке статей, докладов, изобретений, стараюсь следить за научно-техническим ростом сотрудников НТЦ силовой электроники.

Уверен, что традиции, заложенные М. А. Карцевым, продолжают жить в НИИВК. Это относится к постоянному росту квалификации сотрудников, их трудолюбию, ответственности при выполнении работ, а также, что немаловажно, к наличию в институте хорошего морального климата, выраженного в ровных товарищеских отношениях между сотрудниками.

5.7. Памяти Михаила Александровича Карцева

Петрова Г. Н., к.ф.-м.н.

Кто слушал М. А. Карцева, тот знает, насколько живо и интересно он выступал, его манера «завести» аудиторию никого не оставляла равнодушным. Начинал выступление он с простого и понятного всем, подводил аудиторию к сложнейшим проблемам, которые волновали его самого и оставлял нас озадаченными, поделившись с нами самым сокровенным.

Несмотря на перегруженность делами в институте, он всегда вел педагогическую работу. Книга М. А. Карцева 1952 г. издания являлась бестселлером и многим помогла в работе.

В МЭИ на кафедре «Вычислительные машины и системы» и сейчас висит большой портрет Михаила Александровича как одного из лучших ученых, работавших на кафедре в 1965–1975 гг.

В 1974 г. Михаил Александрович собирал документы по результатам творческой деятельности на конкурс в Академию наук, одновременно он преследовал цель представить машину М-10 в научном мире, где все очень нуждались в отечественной высокопроизводительной вычислительной технике.

Мне посчастливилось присутствовать на Международной физической конференции по обработке результатов физического эксперимента, проходившей в 1974 г. в Доме ученых. Доклады были в основном на английском языке с переводчиком. В зале народа мало, полумрак, так как во время доклада включали проектор и выключали верхний свет. Все слегка дремали, слушая монотонные тексты выступлений.

Вдруг стало светло. На трибуну вышел Михаил Александрович и начал увлеченно рассказывать об архитектуре и возможностях (огромная внутренняя память, 64-разрядные вычисления) многопроцессорной ЭВМ М-10. Физики оживились. Посыпались вопросы. Основной вопрос: неужели машина с такими характеристиками имеется в эксплуатации и как получить к ней доступ?



Галина Николаевна
Петрова

Результаты выступлений Михаила Александровича опубликованы в докладах АН СССР.

С этого момента началось более активное сотрудничество нашего института с ИТЭФ по вопросу обработки снимков пузырьковых камер, что привело к созданию новых алгоритмов обработки и расширению математического отдела в ИТЭФ. Загорский завод сверх плана изготовил ячейку ввода оцифрованной информации треков частиц во внутреннюю память М-10, что выводило обработку информации на мировой уровень.

Впервые в мире на модели, рассчитанной с помощью М-10, физиками были получены данные по явлению коллапса в плазме, чего не удалось сделать ученым США на суперЭВМ СДС-7600.

В 1976 г. состоялась выездная сессия Академии наук в Институте проблем управления. Председательствовал академик Б. Н. Петров, выступали академик А. И. Берг, д. т. н. И. В. Прангишвили. Основные темы — вопросы управления и параллельные вычисления, в зале много специалистов из НИИВК, ИПУ, МГУ и других ведущих институтов.

Выступает М. А. Карцев — представляет успешные результаты эксплуатации суперЭВМ М-10 как универсальной (а не специализированной) ЭВМ. К этому времени было создано универсальное математическое обеспечение, трансляторы с языков (Фортран, Паскаль), диспетчеры, библиотеки.

М. А. Карцев мечтал широко внедрить М-10 в высшую школу, так как знал, что американские университеты уже имеют машины такого класса. К сожалению, военные запретили поставку машин в научные центры, ссылаясь на ее стратегическую значимость.

5.8. Проект «Октябрь», который опередил свое время

Либуркин Л. З.

Новый подход к структуре вычислительной системы с использованием параллелизма в вычислениях. Состав вычислительной системы М-9, принципы работы «функциональная связка», ассоциативная связка.

В статье речь пойдет не столько о проекте «Октябрь», сколько о вычислительных средствах, разрабатывавшихся для этого гигантского проекта. Предложенный проект вычислительных средств являлся квинтэссенцией передовых идей М. А. Карцева в области параллельной обработки информации. Многие идеи этого проекта были изобретениями, многие плодотворные идеи до сих пор не реализованы.

Проект «Октябрь» предполагал создание большого комплекса радиоэлектронных средств, в том числе для обработки больших потоков радиолокационной информации. Разработка мощных вычислительных средств была поручена коллективу, возглавляемому М. А. Карцевым.

Существовавшие в то время в стране вычислительные средства обеспечивали производительность до 200–500 тыс. оп/с, что было на два-три порядка меньше той вычислительной мощности, которая была необходима для реализации проекта «Октябрь».

Для получения столь высоких характеристик по производительности нужен был принципиально новый подход к структуре вычислительной системы. При скудности и малом быстродействии элементной базы получить сверхвысокую производительность можно было, только используя параллельные вычислительные структуры. Следует отметить, что обработку отдельных частей радиолокационной информации, на которую были в первую очередь ориентированы вычислительные средства проекта «Октябрь», можно проводить одновременно благодаря естественному параллелизму у исходной информации, что несколько упрощало задачу.



Лев Залманович
Либуркин

Вычислительные средства проекта «Октябрь» получили условное наименование «Вычислительная система М-9». Докладывая о проекте М-9 на симпозиуме по вычислительным системам и средам в Институте математики СО АН СССР в 1967 г., М. А. Карцев в шуточной форме объяснил, что «машина М-220 называется так потому, что имеет производительность 220 тысяч операций в секунду, а М-9 называется так потому, что обеспечивает производительность 10 в девятой степени операций в секунду». Оценка была, конечно, произвольной, но определяла порядок возможностей параллельной структуры М-9.

Вычислительная структура М-9 состояла из нескольких крупных блоков, названных связками, объединенных мощными магистральными связями. Основную вычислительную мощность в системе должна была обеспечить «функциональная связка». Она представляла собой матрицу из 32×32 элементарных вычислителя (ЭВ). На матрице с общим потоком команд должны были выполняться операции над новым классом операндов: не над числами, а над функциями одной или двух переменных, определенных в дискретных точках (см. статью Е. В. Гливенко в наст. сборнике).

Каждый ЭВ обеспечивал выполнение арифметических операций, включая умножение, над операндами в 16 разрядах. Каждая горизонтальная линия из 32 ЭВ имела также дополнительно «общие арифметические цепи», что позволяло за один такт выполнять операции типа «сумма парных произведений» (скалярное произведение векторов из 32 компонент), причем попарное умножение операндов производили элементарные вычислители, а «общие арифметические цепи» выполняли «суммирование вдоль линии». При умножении двух матриц за один такт работа вычислительной решетки можно было получить сразу 32 элемента результирующей матрицы.

Таким образом, «функциональная связка» выполняла не только массовые арифметические операции, но и новые в то время операции над векторами, матрицами, решетчатыми функциями, т. е. операции иного класса, чем в обычных вычислительных машинах, где соответствующие операторы реализуются программным путем. Естественно, были необходимы новые математические методы и алгоритмы решения задач дополнительно к тем, которые широко применялись на обычных ЭВМ того времени.

«Общие арифметические цепи» обеспечивали суммирование «вдоль линии» с накоплением результата, что позволяло работать, например, с векторами большей длины, чем 32 компоненты. На ЭВ могла накла-

дываться «маска», т. е. матрица булевских переменных, разрешающая выполнение операций только ЭВ, помеченными в маске «единицами». Работу с матрицами булевских переменных («картинами» — по терминологии проекта М-9), выполняло специальное матричное устройство — «картинная арифметика» из 32×32 элементарных вычислителя (ЭВКА) с операциями булевой логики. «Картины» могли не только преобразовываться в ЭВКА, но и сдвигаться по осям координат. Массивы булевских переменных на «картине» могли расширяться и сужаться. Прямая связь между «функциональной» матрицей и матрицей «картинной» давала новые возможности управления вычислительным процессом на «функциональной матрице».

В состав М-9 входила также «числовая связка». Она была предназначена для реализации алгоритмов с меньшим параллелизмом, чем на «функциональной связке». «Числовая связка» представляла собой линию элементарных вычислителей (832 ЭВЧС) с общим управлением и «общие арифметические цепи» для операций «вдоль линии». Элементарные вычислители «числовой связки» были, однако, рассчитаны на большую точность операций, чем ЭВ «функциональной». Операции выполнялись над операндами большей разрядности, выполнялись операции с плавающей запятой. «Числовая связка» включала в себя свою «картинную арифметику» в виде одной строки ЭВ булевских переменных, так называемую арифметику признаков.

В составе М-9 была предусмотрена «ассоциативная связка». Это была линия элементарных вычислителей, ориентированная на выполнение сравнений («больше», «меньше», «равно», «больше или равно» и т. д.), а также узел обработки результирующих булевских переменных и маскирования этих ЭВ.

«Ассоциативная связка» обеспечивала просмотр больших массивов информации с рассортировкой ее на подмассивы по содержанию. При этом одна операция обеспечивала отбор не одного числа, а вектора, каждая компонента которого определяла одну из характеристик объекта, описанного вектором. «Ассоциативная связка» выполняла обработку массивов информации, которые мы теперь называем релятивными базами данных. Выполнялся при этом только ассоциативный отбор информации, обработка полученных подмассивов возлагалась на «функциональную» или «числовую» связку.

Проект М-9 был богат многими новыми в то время идеями, но реализация «вычислительной системы М-9» была трудновыполнима при имевшейся в 1967 г. в стране элементной базе и технологии. Из всего

богатого набора «связок» в 1967—1970 гг. была осуществлена «числовая связка» в доработанном виде под названием «ЭВМ М-10». М-10 была реализована на гибридных ДТЛ-микросхемах малой интеграции с применением ферритовой оперативной и «емкостной» постоянной памяти на металлических перфокартах. Применялись двухслойные печатные платы, объединяемые проводным монтажом в блоки. Машина М-10 выпускалась серийно и позже была модернизирована за счет полупроводникового ОЗУ. Машина М-10 в настоящее время находится в эксплуатации.

Многие другие передовые идеи «вычислительной системы М-9» не реализованы до сих пор.

Опубликовано:

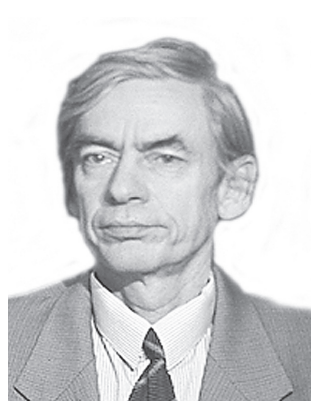
Вопросы радиоэлектроники.

Серия ЭВТ. 1993. Вып. 2. С. 41—43

5.9. В 1984 году ЭВМ М-13 М. А. Карцева была самой высокопроизводительной в мире

*Алексеев Г. Г., к.ф.-м.н.,
разработчик прикладного программного обеспечения*

Важное место в области применения отечественной вычислительной техники занимали задачи наблюдения за околоземным пространством и ПРО, они отличались большими объемами обрабатываемых данных, их решение требовало создания ЭВМ еще большей мощности. Выдающимся примером решения задачи этого класса является создание ЭВМ М-13, ее макет находится в Политехническом музее, он демонстрируется совместно с Устройством абонентского сопряжения и Высокопотенциальной радиолокационной станцией «Дарьял-У», которая была предназначена для круглосуточного слежения за ближним космосом.



Герман Георгиевич
Алексеев

Радиолокационный центр «Дарьял-У» предназначался для дальнего надгоризонтного обнаружения баллистических ракет и космических объектов на «южном ракетоопасном направлении» — в секторе Западный Китай — Иран. Машину М-13 с полным правом можно назвать суперкомпьютером. В 1984 г. М-13 стала единственной из отечественных машин, которая с быстродействием 2,4 Гфлоп/с пусть ненадолго, но все же смогла возглавить список самых производительных компьютеров в мире. Этим результатом можно гордиться не меньше, чем другими достижениями «эпохи развитого социализма». ЭВМ четвертого поколения М-13 спроектирована в Научно-исследовательском институте вычислительных комплексов (НИИВК). Ее непосредственными предшественниками были векторные машины второго поколения ВК М-9 (1968) и третьего поколения М-10 (1973), созданные, как было принято в те годы, «по заданию партии и правительства» под руководством Михаила Александровича Карцева, чье имя сейчас носит НИИВК. Все три ЭВМ были строго засекречены, поскольку разрабатывались для Системы пред-

упреждения о ракетном нападении (СПРН), а также для общего наблюдения за космическим пространством. В задачу этой системы входило обеспечение военно-политического руководства страны информацией о ракетном нападении.

ЭВМ М-13 относится к четвертому поколению машин, созданных под руководством М. А. Карцева, в ней сконцентрировались опыт и знания, полученные при создании ЭВМ М-10 и вычислительных комплексов на ее основе. Они показывали, что структура новой машины должна быть более гибкой по производительности и по комплексированию. Проект ЭВМ М-13 предусматривал три базовые модели, а также ряд модификаций, различающихся комплектностью арифметических устройств, устройств памяти, дополнительных внешних устройств и др. Все модели строились по модульному принципу, используя одну и ту же номенклатуру устройств. Переход от малой модели к средней и максимальной производился путем увеличения количества модулей. Программная совместимость систем М-13 обуславливалась единым для всех моделей машинным языком и единым математическим обеспечением, содержащим режим работы в реальном масштабе времени, диалоговый режим разделения времени с предоставлением мониторов для создания, трансляции и отладки программ на машинно-ориентированных и алгоритмических языках. М-13 выпускалась на Загорском электромеханическом заводе с 1986 г., всего было выпущено около 20 машин.

Разработка и отладка прикладных программ для М-13 началась задолго до выпуска экспериментального образца машины. Для этого была разработана регистровая математическая модель аппаратуры процессора обработки функций (ПОФ), входящего в состав М-13. Структурно ПОФ представлял собой совокупность асинхронных параллельно-конвейерных процессоров, объединенных общей шиной. Каждый параллельно-конвейерный процессор функционировал под управлением нескольких командных узлов, для которых были разработаны языки программирования и средства компиляции программ. Регистровая математическая модель и средства компиляции были разработаны на языке высокого уровня АЛГОЛ-60 и отлаживались на ЭВМ М-10. Это позволило создавать и отлаживать системные и прикладные программы заранее, используя ЭВМ М-10.

Одновременно проводилась работа по созданию новых алгоритмов первичной обработки информации в радиолокационных системах. Созданные прикладные и системные программы обеспечивали управление и синхронизацию работы всех процессоров первичной обработки входной информации в составе ПОФ для многоканальных систем, работающих в реальном времени.

5.10. Улыбка Михаила Александровича Карцева

Крупский А. А., д. т. н., проф.

Михаил Александрович Карцев был выдающимся, практически гениальным ученым и конструктором, создателем продолжающего его традиции научно-исследовательского института, разработчиком и создателем четырех поколений электронных вычислительных машин, неизменно находившихся на самом высоком мировом уровне того времени. Об этом писано-переписано, рассказано-пересказано. Но он также был очень хорошим человеком — интересным в общении, не ленивым, доброжелательным, веселым и очень остроумным.

Позвольте вашему покорному слуге потратить драгоценное место в нашем сборнике и рассказать (постараюсь совсем немножко) об этой стороне многогранной личности Михаила Александровича.

Первое, что вспоминает человек при упоминании о М. А. Карцеве, — это его теплая, дружелюбная и какая-то располагающая улыбка. В последние десятилетия его жизни улыбка особенно успешно функционировала в общении с такими замшелыми начальниками-функционерами, для которых само понятие «улыбка» было чем-то близким к безобразию или порнографии. И улыбка во многих случаях действовала — его доводы становились убедительнее, а требования и служебные просьбы — настоятельнее. Ведь без служебных требований и просьб не обходилась его деятельность на посту директора только что родившегося, нищего и еще не завоевавшего себе авторитет предприятия. Хочешь не хочешь — приходилось пробиваться.

Говоря об улыбке, нельзя с сожалением не отметить, что наша страна — не очень улыбчивая. Считается, что в Штатах улыбаются чаще и больше. Возможно, но что поделаешь.

А вот об улыбке Михаила Александровича ниже — пара историй, на мой взгляд, довольно забавных.

На одном из новогодних вечеров в конце 1970-х годов в НИИВК (уже



Александр Александрович
Крупский

в НИИВК, а не в каком-то Филиале!) незабвенный Лев Залманович Либуркин пел забавную песенку «Где брошка — там перед!», в которой припевом были слова: «Шаг вперед и два назад!»

Эту песенку Лева пел с неподражаемым местечково-бердичевским акцентом и вставил в нее строки:

«Перед вами — это доктор Карцев,
Где улыбка — там перОд!!!»

Зал бурно аплодировал. Я обернулся — бурно аплодировали также Михаил Александрович и очаровательная Елена Валерьевна Гливенко.

Еще более заразительным, чем улыбка, был смех Михаила Александровича. Он очень любил анекдоты — слушать и рассказывать, и при этом смеялся, смеялся... Иногда бывало, что и анекдот не очень смешной, да и настроение плохое, не до смеха. Но Михаил Александрович смеялся так заразительно, что удержаться было невозможно, и смеялись все! Как-то я даже сказал ему: «Твой смех — вроде как зевота, заражает; и не хочешь смеяться — а смеешься, деваться некуда». Михаил Александрович и этим словам смеялся, не обиделся. Разумеется, смеялся он не только анекдотам. Кстати об анекдотах. Иногда на очень серьезных (только внутренних!) совещаниях устанавливали режим: анекдотам приоритет! Каждый, кто рисковал прервать ход совещания и рассказать что-нибудь веселенькое, — ради бога! Но стыдно было тому, чей рассказ оказывался недостаточно остроумным.

До выделения коллектива М. А. Карцева в отдельное предприятие в 1967 г. и в первый год после этого многие звали его попросту Мишей. Я поступил работать в этот коллектив как раз в 1967-м, но до этого был хорошо знаком с Карцевым еще лет десять-двенадцать и тоже первое время звал его Мишей. И как-то уже в 1968 г. я неожиданно заметил, что остался последним и единственным (в коллективе) с обращением «Миша». Я тут же перешел на имя-отчество, но как у меня от стыда горели уши!

Как-то после одного из вечеров в доверительной беседе Михаил Александрович (возможно, в шутку) сказал, что очень хотел бы участвовать в самодеятельности: поставить какую-нибудь пьесу или пару сцен из пьесы (помнится, назывался «Ревизор»). «Но ведь, черт возьми, времени хронически и катастрофически не хватает!» Действительно, последние 35 лет жизни М. А. Карцев работал, работал, работал...

И напоследок — еще одна, хотя и не слишком веселая история. Последнюю ЭВМ, которую мы разработали под руководством М. А. Карцева, — М-13 ЦНПО «Вымпел» передало в производство своим заводам,

в первую очередь в Днепропетровске и Желтых Водах. Заводы откровенно саботировали, это было ежу ясно, но руководство ЦНПО им симпатизировало. В ЦНПО «Вымпел» еженедельно проходили оперативные совещания, на которых вину за задержку внедрения постоянно пытались свалить на нас. Ю. В. Рогачев скрупулезнейшим образом вел графики передачи документации, закрашивал прямоугольнички розовым цветом. Карцев ездил на эти совещания, как на экзекуцию. Но все равно — те ребята саботируют, а мы виноваты! Похоже, объединению из политических соображений нужна была задержка, но чтобы виноват был НИИВК!

И тут случилась беда: в устройстве УКШ М. А. Карцев узрел довольно серьезную ошибку. Устройство работало бы и так, но техническое решение было громоздким и неизящным, а этого Карцев не терпел. На совещании в «Вымпеле» он потребовал сдвинуть срок передачи документации на это устройство, чтобы мы успели переделать. Ничего страшного не произошло, освоение даже первоочередных устройств еще и не начиналось. Но что тут было! НИИВК виноват! Главный конструктор напал! Караул!

Дав утихнуть шуму, Карцев очень понятно объяснил, в чем дело (так понятно, что даже я понял, хотя это были не мое устройство и не моя специфика). И под конец спокойно Карцев сказал: «Да, это моя ошибка (на самом деле, виноваты были наши инженеры-разработчики, Карцев только недавно вник). Я работаю главным конструктором уже 25 лет и кое-что успел сделать. Неужели главный конструктор не имеет права на ошибку?»

Произошло чудо: все затихли, помолчали, и в протоколе потом был записан вариант решения, предложенный Карцевым. Правда, через несколько месяцев М. А. Карцев все-таки добился перевода производства М-13 на Загорский электромеханический завод, хотя это и стоило ему жизни. Вот какой у нас был Михаил Александрович Карцев! Таким я его помню и буду помнить до, к сожалению, скорого своего конца.

5.11. Человечного Человека я никогда не забуду

Ахметова Ж. А.



Жанна Азизовна
Ахметова

Мне посчастливилось работать секретарем у М.А. Карцева.

Когда отдел спецразработок выделился в самостоятельное предприятие, Михаил Александрович вызвал меня к себе и предложил работать у него секретарем. Я долго думала, смогу ли я справиться с предложенной работой. Многие мне говорили, что с ним непросто... Думаю, это чисто по-женски — мне завидовали. Я была совсем молодой, но очень строгой!

Позже я поняла, что совершила правильный шаг, приняв это предложение, и ходила на работу я с большим удовольствием. Коллектив был сплоченным, работали много, не считаясь с личным временем.

Я с огромным удовольствием слушала Михаила Александровича. Говорил он с хорошей интонацией, подбирая каждое слово. А каким почерком писал! Некоторые материалы приходилось печатать мне, читать текст было одно удовольствие, а слова буквально «лились рекой». Даже когда спешил, он выписывал текст очень отчетливо. До сих пор храню бумаги, написанные его рукой.

Михаил Александрович очень любил молодежь. Работая с молодыми специалистами, он буквально преображался, спорил с ними, рассказывал анекдоты. А как он заразительно смеялся. Некоторое время он преподавал в институте. Как-то я привезла ему в институт документы на подпись, он принимал экзамен, и услышала разговор студентов между собой: «Очень стыдно Михаилу Александровичу плохо отвечать, ведь он так интересно читает лекции».

Михаил Александрович был очень скромным. Никогда и ничего для себя не просил, даже когда я подавала чай, он всегда вставал, благодарил меня и говорил: «Ангел мой, что бы я без тебя делал». Я старалась создать для него комфортные условия. Он умел радоваться мелочам! Когда он купил себе часы — хвалился: «В огне не горят и в воде не тонут». А когда

купил себе машину «Волгу», был безумно счастлив, правда, пару столбов он сшиб. Предлагал покататься, но я откровенно отказывалась, так как боялась с ним ехать. Установил на машину сигнализацию от угона (делали два профессора, для которых это была подработка), и, как только установщики уехали, она так загудела, что мы бегали вокруг машины, смеялись, никак не могли выключить сирену.

Много, очень много смешных моментов было у нас с ним. У него было хорошее чувство юмора. Когда у него случился инфаркт, он не терял чувство юмора. Просил читать ему «Ильфа и Петрова» — естественно, мы с ним хохотали. Приходила врач и ругала нас, кстати, ее звали Жанна, на что Михаил Александрович говорил: «Все Жанны мои любимые женщины, не сердитесь, доктор».

К сожалению, его любимая машина стала последним пристанищем.

Это были счастливые времена, мы надеялись на все светлое. К большому сожалению, жизнь диктует другое. Это была моя первая потеря близкого человека, Человечного Человека. Я никогда не забывала и не забуду его!

5.12. Прямая речь М. А. Карцева

Миллер Л. Я., д. т. н.



Леонид Яковлевич
Миллер

Михаил Александрович Карцев легко умел довести свою устную речь до уровня афоризмов, которые потом переходили из уст в уста и часто цитировались, оторвавшись от автора.

Рискну привести здесь малую часть из родившихся в личном общении.

«...поговорим о деталях, это безответственно и потому приятно...» (совещание по М-10).

«...но были сведены цветы, детям не было сказано, что цветы есть нельзя...» (думайте, думайте).

«...сообразим на троих...» (предпраздничный день, все пьют и веселятся, а мы «соображаем» М-13).

«...надела платье синее, так не будь разиней...» (не только женщинам).

«...пойду закачу истерику...» (абсолютно спокоен).

«...я к вам пришел навеки поселиться...» (я с вас не слезу).

«...сделаю с вашей помощью М-10, может быть, еще одну машину... и все...» (банкет по поводу 50-летия).

«...ПУ! по индикаторам...» (совещание по системе команд М-10).

«...пригласим к нам на работу Брука...» (мечтать не вредно).

«...смех, как серебряный колокольчик...» (превышен предел умственных человеческих возможностей).

«...ты рассказываешь мне, как хорошо работать с Мельником...» (как хорошо работать с умными людьми).

«...почему работает М-4М и не работает М4-2М?...» (тихая гордость).

«...нет, не так...» (рождение новой концепции).

«...сочтемся славою...» (о приоритетах).

«...ну вот, еще и “канал” им подари...» (о технических рейдерах).

«...это тот, который вчера вечером две формулы написал...» (наука не терпит суеты).

«...хороший инженер всегда найдет себе работу...» (не в том смысле).

«...ну мы и размахнулись...» (в машинном зале М-10).

«...они этого не смогут...» (плохо работать с бесталанными людьми).

«...над тобой “сломают шпагу”, ну, такая “гражданская казнь”» (терпи, во что бы то ни стало).

«...назовем ее М-13...» (так и называли).

«...устроим “кучу малу” посреди зала...» (банкет в «Украине» по поводу государственной премии за М-10).

И так далее...

Вот такой он, наш дорогой Михаил Александрович.

5.13. Урок вежливости, интеллигентности и ума

Лушпин Л. И., к. т. н.



Леонид Иванович
Лушпин

1964 год. ИНЭУМ. В комнате я и Виктор Захаров, молодой специалист, недавно закончивший институт. Виктор очень любил говорить о своих знаниях относительно компьютеров и не упускал случая об этом заявить. Когда мы познакомились с ним, он первым же делом спросил меня: «А ты можешь построить триггер?» — и, услышав ответ «Нет», с гордостью оповестил: «А я могу!»

Неожиданно открылась дверь, и в комнату вошел Михаил Александрович. Он кого-то искал, но кого — я уже не помню. Не успел он повернуться и выйти, как Виктор налетел на него и начал рассказывать, как надо строить вычислительную машину. Михаил Александрович повернулся и начал слушать. Моему удивлению не было предела. Беспардонность молодого сотрудника и вежливость почтенного начальника вызывали у меня противоречивые чувства. Говорил Виктор долго (мне казалось, бесконечно), минут пять, все это время Михаил Александрович молчал и не перебивал его. Наконец Виктор закончил так: «Возможно, я выражаюсь неясно».

Михаил Александрович оживился и сказал: «Выражаетесь вы ясно, мысли у вас туманные» — и вышел.

Урок вежливости, интеллигентности и ума.

Михаил Александрович несколько раз вспоминал своего преподавателя, фамилию которого я, к сожалению, не помню. Рассказ Михаила Александровича звучал так: «Во время лекции он говорит: один, два и так далее три». Тут Михаил Александрович начинал залиvisto смеяться (все помнят, как он смеялся), а потом задумчиво говорил: «Что он имел в виду под “и так далее”?» Очевидно, история эта ему очень нравилась.

5.14. Михаилу Александровичу свойственно врожденное уважение к людям

Барыбин А. К., к. т. н.

Михаил Александрович был очень обаятельным человеком, располагающим к себе с первого взгляда. При общении с Михаилом Александровичем собеседник оказывался в атмосфере внутреннего спокойствия, уверенности в себе и непоколебимой дисциплинированности ума. И это передавалось собеседнику, и постепенно человек не то чтобы подпадал под влияние личности Михаила Александровича и терял что-то свое в поведении. Нет. Наоборот, человек чувствовал какую-то светлую силу, сравнимую с прожектором на неосвещаемой трассе ночью, и она делала мысли ясными и речь свободнее. По-видимому, сказывалось свойственное Михаилу Александровичу врожденное уважение к людям и удивительное умение их слушать. Он никогда не перебивал собеседника, не свертывал разговор в нетерпении, как будто бы заранее зная все то, что скажет человек, как зачастую это делают большие начальники. Может быть, при этом играло роль то, что Михаил Александрович снисходительно относился к слабостям людским и никогда никого не учил, как надо жить. В разговоре с Михаилом Александровичем собеседник с удивлением чувствовал, что затрагиваемая им проблема легко поясняется и рассказывается. И уже самая существенная суть проблемы обсуждается с Михаилом Александровичем, и он ее подхватывает и вместе «крутит».

Если сказать, что Михаил Александрович интересовался буквально всем, что касается вопросов обработки информации, то это будет очень слабым утверждением. Надо было обладать незаурядным мужеством, чтобы в условиях планового ведения хозяйственной деятельности в советское время находить возможность поощрять решение чисто научных и промышленных задач, казалось бы, ничего общего не имеющих с тематикой института. В программистских подразделениях, кроме плановой тематики, проводились исследования методов обработки информации



Александр Константинович
Барыбин

из разных направлений науки и техники. Решались задачи из области теоретической физики (обработка треков в пузырьковой камере), плазмы, радио- и гидролокации, геофизики, поиска полезных ископаемых, управления воздушным движением в масштабе страны, игровые задачи и многое другое. Казалось бы, зачем все это? А затем, что из просмотра задач выяснялись тонкости построения вычислительных процессов, организации памяти и каналов ввода-вывода. Именно так и появилась идея распараллеливания вычислений для увеличения быстродействия вычислительных систем. Идея эта, наверное, приходила в голову многим инженерам и программистам.

Вся трудность в том, как это выполнить технически. В начале 1960-х гг. технически задача распараллеливания вычислений впервые в мире была решена Михаилом Александровичем и реализована в вычислительной системе М-10.

5.15. Перебирая воспоминания

Лазарев В. А., к. т. н.

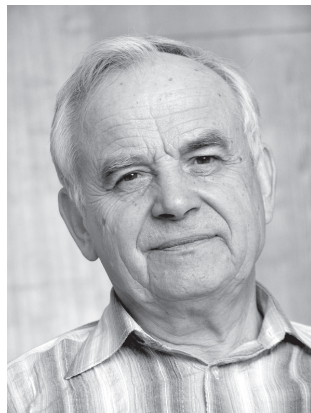
Моя первая продолжительная встреча с Михаилом Александровичем произошла на 54-й площадке полигона на озере Балхаш. Из-за нехватки мест в гостинице группа сотрудников института проживала во временно пустующей квартире Карцева. Но вот стало известно, что приезжает Михаил Александрович, и квартиру стали освобождать. О. Н. Бибиков, тогда ответственный от НИИВК, нашел место всем, кроме меня. Олег Николаевич спросил разрешения у Карцева, и я на две недели остался в квартире жить с Михаилом Александровичем.

Я был очень смущен этим обстоятельством, прошло не более года, как я перешел из отдела Е. Н. Филинова в отдел спецработ в лабораторию Л. В. Иванова, и я робел. Но Карцев как-то легко и незаметно снял эту робость, хотя я и старался проводить свободное время не в квартире. Позже Г. М. Кабаенкова вспоминала, что Михаил Александрович спрашивал ее, кто такой Валя Лазарев. По-видимому, ничего плохого не нашлось, и с моим соседством согласились.

Меня тогда поразило, как Михаил Александрович распоряжался своим временем. Все его вечера проходили во встречах с нужными ему людьми в гостях или на квартире, а если выпадал свободный вечер, то он тратил его на чтение. Он привез с собой свежий номер журнала «Новый Мир» и никогда не засыпал, не почитав его в кровати. За две недели он его прочел и оставил мне, посоветовав прочитать понравившийся ему рассказ.

На объекте в машинном зале, подходя к пульту управления, Карцев некоторое время наблюдал за действиями оператора и только потом брал «бразды правления» в свои руки.

Позже, не единожды бывая с Карцевым на партхозактивах, которые, как правило, заканчивались застольем, я замечал, как руководители разных рангов, знавшие Карцева, старались оказаться за столом рядом с ним, тянулись пообщаться с ним. Где был Карцев — было не скучно. Его тосты и анекдоты до сих пор вспоминаются «к месту»



Валентин Андреевич
Лазарев

Сотрудница нашего института Р. П. Макарова после активной работы в профкоме института никак не решалась на вступление в партию. Мы всячески тянули ее туда, не без основания полагая и веря в полезность такого события, но женское упрямство побеждало. Тогда мы обратились за советом к Карцеву, и он нашел простое и действенное решение. Через какое-то время Михаил Александрович пришел к нам в лабораторию и положил перед Макаровой свою рекомендацию. На ближайшем собрании она была принята в партию.

Наше первое полупроводниковое ОЗУ базировалось на микросхемах памяти Воронежского завода полупроводниковых приборов. Степень интеграции микросхем была невысокой (256 бит), каждый разряд памяти требовал шесть микросхем. При приеме документации заказчик требовал от нас гарантии поставок на эти микросхемы. Карцев решил лично договориться с заводом. С этой целью мы трое, Михаил Александрович, В. М. Емелин и я, прибыли в Воронеж. Переговоры с директором завода, позднее заместителем министра МЭП, прошли удачно, завод дал нам свои гарантии на поставку нужного нам количества микросхем, и вечером того же дня мы возвращались домой. В аэропорт мы приехали пораньше и застали посадку на самолет предыдущего рейса. Я вспомнил, как некоторое время назад наша большая группа «карцевцев» во главе с И. Н. Ушаковым возвращалась самолетом из Иркутска. Аэропорт был полон отъезжающих, так как много рейсов было задержано. Перспективы были грустные, но, уже войдя в аэровокзал, мы услышали объявление, что заканчивается посадка на международный рейс Улан-Батор — Москва. Ушаков среагировал моментально и со словами: «Если смогу, то не вернусь» — без пересадок улетел в Москву, тогда как все остальные добирались домой более суток с проведением ночи в аэропорту Свердловска. И вот, вспомнив эту историю в Воронеже, я предложил подойти к самолету улетавшего рейса. У самолета мы увидели группу людей, около десяти человек, толпившихся у трапа. Вышедшая из самолета стюардесса объявила, что есть только два свободных места и, окинув всех взглядом, первым пригласила из задних рядов, всем на удивление, Михаила Александровича. Но что еще удивительнее, никто не роптал на такое решение, а мы с Емелиным были очень довольны. Как стюардесса увидела Карцева в задних рядах от трапа и какая аура накрыла всех стоявших у трапа?

Первое устройство памяти на этих микросхемах в составе экспериментального образца машины было установлено у нас в институте на улице Волгина. В процессе наладки выявилась полная «безнадежность»

микросхем этой серии. Михаил Александрович в те дни много бывал в машинном зале. В один из дней мы встретились с ним на переходе между корпусами. Карцев шел из машинного зала. Помню, в эти дни переход представлял собою галерею картин наших институтских художников. Карцев остановил меня и огорченно сказал: «Ну что, Валя, вляпались!» Это была самая полная и самая яркая характеристика ситуации, в которой мы тогда оказались. Позднее мы с честью вышли из нее, перейдя на зеленградские микросхемы памяти и введя корректирующий код.

В 1975 г. Минрадиопромом для НИИВК были выделены пять квартир в Чертаново. Решением жилищной комиссии института квартиры были выделены в том числе председателю профкома В. Н. Зенину и мне, тогдашнему секретарю партбюро. Это решение вызвало большую озабоченность районных властей, они ждали возмущенных писем к ним от наших сотрудников. И если фамилия председателя профкома не вызывала у них вопросов — Зенин был очередником и в институте и, самое главное, очередником в своем районе, то к фамилии секретаря партбюро вопросы были, хоть такое решение и позволяло еще двум семьям сотрудников нашего института улучшить свои жилищные условия. Вопрос решался на комиссии райисполкома, и мне дали понять, что положительное решение комиссии напрямую зависит от присутствия директора на этом заседании. Заседание комиссии очень затянулось, и мы — Карцев, Зенин и я — долго ждали в приемной. Наконец, где-то в районе 20 часов Михаила Александровича пригласили. Мы с Виталием Никитовичем с нетерпением ждали возвращения Карцева, но сначала вышел Л. М. Манукян — главный врач нашей подшефной поликлиники, член райисполкома, которого мы прекрасно знали. Мы к нему, и на наш немой вопрос он ответил: «Ну что вы хотите! Если выступает Карцев, разве кто-нибудь ему откажет?» Возвращаясь и подъезжая к дому Михаила Александровича на улице Академика Арцимовича, он сообщил нам, что сегодня состоялись выборы в Академию наук и его не избрали. Смысл сказанного я понял позже, когда узнал значение, какое придавал этому Карцев. Вспоминая тот вечер, я всякий раз наполняюсь глубокой признательностью к Михаилу Александровичу и мысленно спрашиваю себя: «А я смог бы так?»

Я считаю себя счастливым человеком и потому, что мне повезло работать и жить в чудесном коллективе НИИВК, организатором и первым директором которого был талантливый, известный ученый и удивительный человек Михаил Александрович Карцев.

5.16. Капитан команды единомышленников

Антипов Н. Н.



Николай Николаевич
Антипов

На Загорский электромеханический завод (ЗЭМЗ) я поступил в 1956 г. после окончания МЭИ и проработал без малого 15 лет до перевода в 1969 г. в зеленоградский Специализированный вычислительный центр Д. И. Юдицкого. Основное время работал в сборочном цехе № 14, в том числе в качестве начальника цеха, где собирали и выпускали суперЭВМ для систем ПВО и ПРО страны (под суперЭВМ я понимаю ЭВМ с рекордно высокими для своего времени характеристиками).

ЗЭМЗ входил в состав Минрадиопрома и был определен в качестве основного производителя вычислительных средств для систем ПВО и ПРО страны. Первыми со своими разработками на завод пришли ученые института академика С. А. Лебедева (ИТМ и ВТ АН СССР). А в 1958 г. на завод со своим проектом ЭВМ М-4 пришел Михаил Александрович Карцев, работавший тогда в Институте электронных управляющих машин АН СССР (ИНЭУМ).

К этому моменту, как мне стало известно позже, ИНЭУМ уже имел опыт создания ЭВМ М-1 (одна из двух первых в стране ЭВМ) и М-2. Эти ЭВМ были изготовлены силами ИНЭУМ, серийно они не производились. В их разработке М. А. Карцев принимал активное участие.

И когда в 1957 г. встал вопрос о разработке ЭВМ для радиолокатора ЦСОП (центральная станция обнаружения — полигонная) Радиотехнического института академика А. Л. Минца (РТИ), М. А. Карцев был назначен ее главным конструктором.

Это была его первая разработка и первая разработка ИНЭУМ, которую предстояло передать в серийное производство на завод — наш ЗЭМЗ. Как известно, разработка комплекта конструкторской документации для серийного завода существенно отличается от разработки для собственного опытного производства.

Коллектив Михаила Александровича прекрасно справился с поставленной задачей. В апреле 1958 г. на завод был передан полный комплект

конструкторской документации на ЭВМ М-4, а летом 1960 г. ЗЭМЗ изготовил и поставил в РТИ два комплекта ЭВМ.

Как мне представляется, наиболее интересными с конструкторской и технологической точки зрения были именно карцевские ЭВМ.

В отличие от других главных конструкторов, Михаил Александрович часто сам приезжал на Загорский электромеханический завод и детально вникал в производственно-технологический процесс создания «своей» ЭВМ. Его приезды в Загорск, в 14-й цех, не были праздным удовлетворением своей любознательности, его беспокоили проблемы обеспечения качества исполнения работ по изготовлению узлов и устройств суперЭВМ.

Вместе с разработчиками — схемотехниками и программистами он мог до позднего вечера анализировать результаты наладки или испытаний устройств и комплекса ЭВМ, так как в каждую последующую запускаемую в производство ЭВМ разработчики вносили что-то новое, касающееся не только схемотехники и программного обеспечения, но и определенных конструктивных особенностей, которые надлежало проверять и отлаживать.

В 1962 г. ЭВМ М-4 успешно выдержала испытания в составе РЛС ЦСОП. Постановлением правительства ЗЭМЗ было поручено серийное производство ЭВМ М-4 для использования в Системах предупреждения о ракетном нападении (СПРН) академика Минца.

В дальнейшей работе над СПРН появилась необходимость дополнения ЭВМ специальными устройствами, которые завод быстро изготовил по документации М. А. Карцева и в 1963 г. доукомплектовал ими второй комплект ЭВМ М-4. В результате получилась ЭВМ М-4М.

Значительно позже мне рассказали, что М. А. Карцев пришел к выводу, что М-4М не удовлетворяет перспективным требованиям СПРН, и организовал, вопреки позиции руководства ИНЭУМ, разработку новой ЭВМ. Он приехал на завод и разъяснил свою позицию, доказал перспективность серийного производства М-4М, предусмотренного постановлением. Показал возможность освоения в производстве в заданные сроки новой, значительно лучшей ЭВМ. Ту же работу он провел в РТИ и заказывающем управлении Министерства обороны. Свои доводы он подкрепил передачей на завод в сентябре 1963 г. нового комплекта конструкторской документации. В результате, в 1964 г. завод приступил к серийному выпуску этой, значительно лучшей ЭВМ. А чтобы формально не нарушать постановления правительства, с общего согласия новую ЭВМ на звали М4-2М — почти так же, как по постановлению.

Особо отмечу, что начиная с этой модели машины М. А. Карцева запускались в ЗЭМЗ в серийное производство без предварительного макетирования и без опытных образцов. Такой подход требовал особой ответственности и смелости от главного конструктора, высшей квалификации его разработчиков. Созданный Михаилом Александровичем коллектив прекрасно справлялся с такой сложной задачей.

В эпизоде с освоением М4-2М проявилась совокупность уникальных черт Михаила Александровича в его общении с высшими государственными и ведомственными руководителями: убежденность в своей правоте, смелость в отстаивании своей позиции вопреки первоначальному мнению всех и великая способность убеждать.

Общение с Михаилом Александровичем никогда не вызывало ощущения, что этот человек несет на себе бремя огромной ответственности. Поражала его исключительная общительность, приветливость, доброжелательность и простота в общении, которые сопровождала его обаятельная улыбка. Он умел говорить на языке, понятном не только его коллегам, но и цеховым регулировщикам, монтажникам и слесарям-сборщикам. Он умел ненавязчиво донести до каждого важность той работы, что выполнял тот или иной работник цеха.

Если Михаил Александрович предъявлял претензии к работникам цеха, то они всегда были обоснованными и грамотно аргументированными и никогда не излагались в грубой форме, оскорбительной для виновного, как это бывало с другими главными конструкторами. В то же время он мог говорить суровую правду, быть жестким и требовательным, если встречал нежелание устранить допущенные дефекты, но никогда не был оскорбительно грубым.

Михаил Александрович уделял внимание не только содержательной части (элементная база, оригинальность схемотехнического решения, программной части), но и внешнему оформлению – эстетике и эргономике, которые влияют на особенности и удобство эксплуатации изделия на объекте.

Особое внимание Михаил Александрович уделял обеспечению надежности работы ЭВМ и был максимально требователен к качеству исполнения цехом технических требований, изложенных в конструкторской документации. Он ревниво следил за соблюдением технологических 168-часовых прогонов, которым подвергалась каждая ЭВМ. Он требовал проведения тщательного анализа причин каждого сбоя в работе ЭВМ и сам принимал участие в особо сложных ситуациях.

Для меня Михаил Александрович остается образцом руководителя — вожака творческого коллектива, капитана команды единомышленников.

Это был высококультурный, гениально-талантливый, одаренный от природы человек, который много и плодотворно трудился всю свою недолгую жизнь. Он не кичился своим высоким положением и заслугами, которых у него было достаточно много, оставаясь не просто высокопорядочным, но предельно государственным человеком.

Порядочность и государственность мышления Михаила Александровича проявились с особой силой, когда он принял в свой коллектив «соперника по жанру» Д. И. Юдицкого, ставшего жертвой чиновничьего чванства. В 1982 г., когда работы по созданию ЭВМ М-13 уже завершались, М. А. Карцев, директор и главный конструктор НИИВК, начал думать о новых моделях суперЭВМ М-14 и М-15. Для участия в разработке идеологии их построения он пригласил Давлета Исламовича на должность главного научного сотрудника. Михаил Александрович был уверен, что Д. И. Юдицкий с его знаниями и опытом будет весьма полезным для коллектива НИИВК. Но планам по созданию новых ЭВМ не суждено было сбыться.

23 апреля 1983 г. скончался М. А. Карцев, а ровно через месяц, 23 мая — Д. И. Юдицкий. Вместе с ними ушли и их задумки о принципах построения М-14 и М-15. Вскоре в стране начались реформы, окончательно добившие проекты создания этих ЭВМ.

Без ложной патетики могу сказать, что в моей памяти Михаил Александрович навсегда остался как светлый образ государственного Человека с большой буквы.

5.17. М. А. Карцев никогда не копировал зарубежные компьютеры

Константинов В. П.



Владимир Петрович
Константинов

Я познакомился с Михаилом Александровичем Карцевым, когда был первокурсником, а он учился на пятом курсе РТФ. Мы оба тогда работали в факультетской стенгазете «Радист». Он был сменным редактором, а я начинающим корреспондентом. Я до сих пор помню выпущенный им, скорее всего, к Новому году номер «Радиста». В нем были великолепные карикатуры, нарисованные его однокурсником Гурием Вильшанским.

М. А. Карцев родился в 1923 г. в Киеве. Он прошел всю войну. После демобилизации в 1947 г. поступил в МЭИ. А закончил учебу он не с курсом Р-47, а с курсом Р-46, так как за один из курсов он сдал экзамены экстерном. Учítывая, что первые годы

фронтовики обычно учились хуже недавних школьников, случай исключительный.

Снова мы встретились уже на работе в лаборатории электросистем (ЛЭС) Энергетического института АН СССР. Создателем и руководителем ЛЭС был член-корреспондент АН СССР Исаак Семенович Брук. Лаборатория занималась исследованием крупных энергосистем, и важное значение в этой работе имело физическое и математическое моделирование таких систем. С физическим моделированием дело обстояло более или менее удовлетворительно, ну а вести математическое моделирование было, конечно, не с руки. Поэтому-то у Брука в конце 1940-х гг. зародилась мысль о применении для этой цели цифровых ЭВМ. Отечественных ЭВМ тогда еще не существовало, и Брук решил проблему радикально: если отечественной ЭВМ нет — ее нужно сделать собственными руками. В 1950 г. он принял на работу несколько молодых специалистов, окончивших РТФ МЭИ, и поставил перед ними задачу сделать ЭВМ. Михаил Александрович подключился к работам по созданию этой машины еще до окончания института. Работа закипела:

была создана ЭВМ М-1. После окончания института в марте 1952 г. М. А. Карцев получил задание И. С. Брука возглавить разработку и изготовление ЭВМ М-2. По основным техническим параметрам она напоминала всем известную «Стрелу», разработанную в огромном СКБ-245, но была значительно меньше по габаритам и значительно дешевле. В серию пошла, конечно, «Стрела», поскольку это была плановая разработка, а И. С. Брук был «кустарь-одиночка без мотора». Между прочим, несколько экземпляров М-2 изготовили в Китае. (Техническое описание М-2 учившийся в ЭНИНе китайский аспирант «нечаянно» увез с собой.) Позднее М-2 была модернизирована. У нее заменили оперативную память, сделанную на электронно-лучевых трубках, на память, сделанную на ферритовых сердечниках, и увеличили ее объем до 4096 слов (16 384 байт). В этой работе уже принимал участие ваш покорный слуга вместе с выпускниками Р-50 Л. Ивановым, Е. Филиновым и В. Ильиным.

Позднее ЛЭС выделилась из состава ЭНИНа и превратилась сначала в Лабораторию управляющих машин и систем (ЛУМС), а затем в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ).

В 1958 г. в стране начались работы по исследованию космического пространства. ИНЭУМу было поручено разработать для этой цели специальную ЭВМ. Во главе разработки стал М. А. Карцев. Машина называлась М-4 и предназначалась для обработки сигналов, поступающих от радаров. Она была разработана, изготовлена на заводе и направлена на полигон. Затем появился второй экземпляр этой машины — М-4М. Вскоре вышло постановление о создании нового компьютера под малопонятным названием 5Э71. Там была другая элементная база и другие конструктивные решения. Эта машина производилась серийно с 1964 г. и использовалась в системе предупреждения о ракетном нападении.

Бывшая лаборатория М. А. Карцева после многих перипетий превратилась в отдельное предприятие под названием НИИВК. Михаил Александрович был первым человеком в стране, который начал разрабатывать суперкомпьютеры с матричными процессорами. Таким суперкомпьютером была ЭВМ М-10. Серийный выпуск М-10 начался в 1974 г. Эти суперкомпьютеры использовались для обработки радиолокационной информации и для научных расчетов в некоторых организациях Академии наук. Взгляды на пути создания суперкомпьютеров Михаила Александровича и академика С. А. Лебедева разошлись. Первый сделал ставку на матричную структуру, а второй пошел по пути создания компьютеров с одним процессором огромного быстродействия.

Следует сказать, что М. А. Карцев никогда не копировал иностранные компьютеры, а всегда вел оригинальные разработки. Его всегда ин-

тересовали все технические новшества. В частности, НИИВК был одной из первых организаций в Союзе, которая занялась применением оптоволоконных линий в вычислительной технике.

Кандидатская диссертацию М. А. Карцева была посвящена конструированию арифметических устройств. В ней был использован опыт создания М-2. А докторскую диссертацию он защищал по суперкомпьютерам.

Михаил Александрович соединял и себе таланты инженера, ученого и администратора, что довольно редко встречается в одном человеке. Он очень легко и быстро воспринимал знания из далеких для него областей. Так, будучи инженером, он разговаривал с программистами на их языке и разбирался не только в тонкостях программирования, но и в математических алгоритмах, хотя и не имел специального математического образования. Став руководителем НИИ, он по-прежнему вникал во все технические вопросы и мог предложить инженерное решение той или иной сложной проблемы.

Михаил Александрович скончался в 1983 г. Я не был на его похоронах и вообще узнал об этом прискорбном событии с большим опозданием. Не был я и на похоронах Лени Иванова, хотя мы и жили с ним в одном доме. Многие московские события прошли тогда мимо меня из-за непрерывной работы на объекте.

Еще во второй половине 1970-х гг. М. А. Карцев начал разработку нового суперкомпьютера М-13. Разработка была завершена, а производить его оказалось негде. Только после смерти М. А. Карцева в 1986 г. началось серийное производство суперкомпьютера М-13, а государственные испытания ЭВМ М-13 были завершены в 1991 г.

В завершение скажу об исключительной скромности Михаила Александровича. Он почти никогда ничего не рассказывал о своем участии в Великой Отечественной войне. Помню однажды, когда мы были у него в гостях, он вдруг стал говорить о «катюшах». Рассказал много интересного. Я решил, что воевал на «катюшах». И только недавно, прочитав книгу о нем, я узнал, что он, оказывается, служил в танковых войсках.

Глава 6

ПУБЛИКАЦИИ О М. А. КАРЦЕВЕ

6.1. Михаил Александрович Карцев

Малиновский Б. Н., д. т. н., проф.

Секретный характер разработок М. А. Карцева сделал его неизвестным широкой общественности Советского Союза. Никаких публикаций в СМИ о нем не было и не могло быть. Только реформы в стране сняли запрет на информацию о ранее засекреченных видных деятелях отечественных науки и техники.

Первым стену молчания разрушил также крупный ученый в области вычислительной техники — Борис Николаевич Малиновский (рис. 6.1) в своей книге «История вычислительной техники в лицах» (рис. 6.2), посвятив в ней Михаилу Александровичу отдельную главу.

Предлагаем читателю эту главу в факсимильном издании.



Рис. 6.1. Борис Николаевич Малиновский

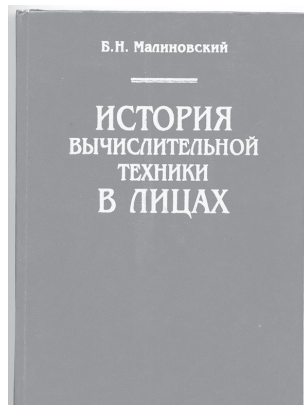


Рис. 6.2. Книга
Б. Н. Малиновского

Михаил Александрович Карцев

М.А. Карцев принадлежит к той категории ученых, официальное и полное признание огромных заслуг которых приходит, по тем или иным причинам, после смерти, притом далеко не сразу. Академическая элита не удостоила его академических званий. Лишь десять лет спустя после его ухода из жизни основанный им Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов НИИВК (Москва) получил имя своего создателя.

Компьютерная наука и техника были его призванием. Они приносили ему и счастье творчества, и огорчения. Им он посвящал все свое время — на работе, дома, на отдыхе.

“Сколько я помню отца, — вспоминает его сын Владимир, — вся его жизнь проходила, в основном, в работе. У него не было хобби в общепринятом смысле этого слова. В свободное время он в основном читал. Иногда мы ходили в кино. Он никогда не занимался спортом, был активным противником дачи и машины. Однако с возрастом, когда у отца заболела нога, он все же приобрел “Волгу” и полюбил ее. Учиться водить машину в его возрасте было трудно, но в Москве он ориентировался прекрасно.

Отец был не из тех людей, кто жалуется на свои проблемы и склонен обсуждать их, из него практически невозможно было вытянуть фронтные воспоминания, он жил не прошлым, а будущим.”

Михаил Александрович Карцев родился в Киеве 10 мая 1923 года в семье учителей. Отец умер в том же году. Михаил вместе с матерью жил в Одессе, в Харькове, а с 1934-го по 1941 год — в Киеве, где в 1941 году окончил среднюю школу. Летом 1941 года его направили на оборонительные работы в Донбасс, а в сентябре призвали в армию, где он служил до февраля 1947 года. В годы Великой Отечественной войны танкист Карцев воевал в составе Юго-Западного, Южного, Северо-Кавказского и 2-го Украинского фронтов. Принимал участие в освобождении Румынии, Венгрии, Чехословакии, Австрии. За мужество, проявленное в боях, его, двадцатилетнего старшину, наградили медалью “За отвагу”, орденом Красной Звезды, медалями “За взятие Будапешта” и “За победу над Германией”. В ноябре 1944 года на фронте он стал кандидатом в члены КПСС, а в мае 1945 года был принят в члены КПСС.

После демобилизации М.А. Карцев поступил учиться в Московский энергетический институт (МЭИ) на радиотехнический факультет. На третьем году обучения экстерном сдал экзамены за следующий год и в 1950 году, будучи студентом 5-го курса, поступил на работу в лабораторию электросистем Энергетического института АН СССР (по совместительству), где принял участие в разработке одной из первых в Советском Союзе вычислительных машин — М-1. В 1952 году его направили в Энергетический институт АН СССР, где он был зачислен уже на постоянную работу в лабораторию электросистем в качестве младшего научного сотрудника. Работая над созданием ЭВМ М-2, он проявил незаурядные способности. Машина была создана небольшим коллективом всего за полтора года! (БЭСМ разрабатывалась вдвое дольше и куда более крупным коллективом!). Конечно, ЭВМ М-2 уступала БЭСМ



Михаил Александрович Карцев (50-е гг.)

по характеристикам, но, как выразился сам Карцев, “это была машина солидная”.

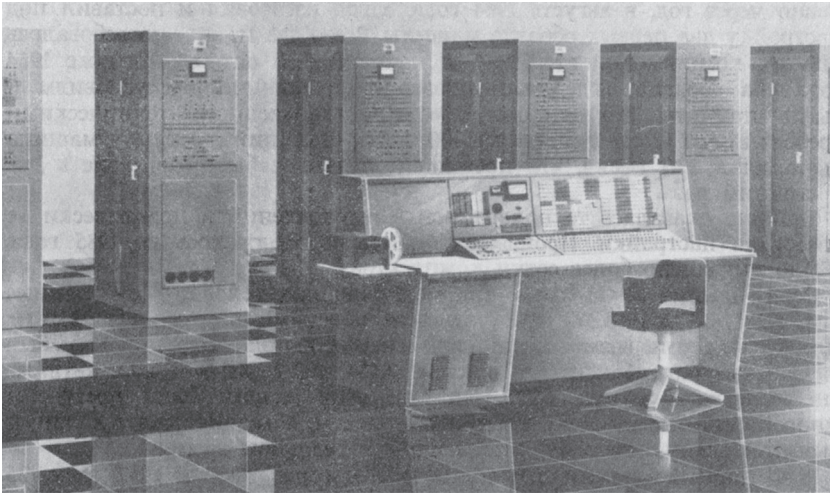
В 1957 году директор Радиотехнического института АН СССР академик А.Л. Минц обратился к И.С. Бруку с предложением разработать электронную управляющую машину (ЭУМ) для управления новым экспериментальным радиолокационным комплексом. Если быть точным, то подтолкнул его на это Брук. Случайно встретившись с Минцем на Кисловодском курорте он рассказал ему о работах своей лаборатории и заинтересовал возможностью использования ЭВМ в составе радиолокационных комплексов. Предложение было принято, и в декабре 1957 года Брук и Минц утвердили техническое задание на ЭУМ М-4. Руководителем работы по созданию машины был назначен М.А.Карцев. Этим было положено начало его деятельности в области создания средств вычислительной техники, ориентированных на использование в системах раннего предупреждения о ракетном нападении и наблюдения за космическим пространством. На то время это были наиболее сложные задачи по количеству информации, подлежащей обработке, по требованиям к скорости вычислений, объемам памяти и надежности технических средств.

К 1957 году электронной промышленностью были освоены и серийно выпускались первые отечественные транзисторы. Поэтому М-4 решено было проектировать на полупроводниковых приборах.

Для проведения работ по созданию ЭУМ, в только что организованном Институте электронных управляющих машин АН СССР была создана специальная лаборатория № 2 под руководством Карцева. В марте 1958 года состоялась защита эскизного проекта машины М-4, а в апреле того же года вышло постановление Совета Министров СССР об изготовлении электронной управляющей машины М-4. Был определен и завод-изготовитель, уже имевший опыт изготовления вычислительных машин; главным инженером этого завода работал А.Г. Шишилов, руководителем конструкторского бюро — В.С. Семенихин (впоследствии — академик, директор Научно-исследовательского института автоматической аппаратуры, Герой Социалистического труда, лауреат Ленинской и Государственных премий). В апреле 1958 года полный комплект конструкторской документации был передан на завод-изготовитель, и началась подготовка производства. Разработчики М-4 активно участвовали в ней на всех этапах изготовления и настройки. Этот опыт позволил коллективу во всех последующих разработках обеспечивать высокую технологичность разрабатываемых ЭВМ и особенно их отладки.

В 1959 году заводом были изготовлены и поставлены под комплексную настройку два комплекта М-4. В конце 1960 года первый комплект заработал и был передан Радиотехническому институту.

Для решения задач управления и обработки радиолокационной информации в реальном времени потребовалось устройство сопряжения станции с машиной М-4. В январе 1961 года директором ИНЭУМ И.С. Бруком было утверждено согласованное с представителями Радиотехнического института АН СССР техническое задание на быстродействующее устройство первичной обработки информации УПО, совместимое с машиной М-4. Руководство работами было поручено Ю.В. Рогачеву, тогда старшему инженеру.



ЭУМ М-4М

Полный комплект конструкторской документации на УПО летом 1961 года был передан на завод-изготовитель (это был тот же завод, который выпускал машину М-4), а в марте 1962 года это устройство и изготовленный ранее второй комплект ЭУМ М-4 были поставлены под комплексную настройку и стыковку. В разработке устройства первичной обработки принимал участие инженер В.М. Емелин. Вели производство на заводе старший инженер Ю.В. Рогачев, инженеры В.И. Никитин и В.Я. Рожавский. В настройке участвовал старший инженер Е.А. Братальский.

В июле 1962 года совместные испытания ЭУМ М-4 с УПО и экспериментального комплекса были завершены и началась опытная эксплуатация разрабатываемой системы.

(Основные технические характеристики ЭУМ М-4 даны в Приложении 7.)

В ноябре 1962 года вышло постановление о запуске ее в серийное производство. Однако Карцев, поддержанный коллективом, предложил разработать и запустить в серийное производство новую машину, устранив в ней недостатки, имевшиеся в М-4, сделав ее более технологичной по изготовлению и настройке. Кроме того, к этому времени была отработана новая система логических элементов с применением высокочастотных транзисторов, способная обеспечить значительно большее быстродействие. Появились и мощные транзисторы, что позволило полностью исключить из машины радиолампы.

Разработка и выпуск конструкторской документации новой машины М-4М (см. Приложение 8) были проведены в исключительно короткие сроки: в марте 1963 года на завод-изготовитель была передана документация на первый шкаф — арифметическое устройство, а в августе того же года — полный комплект документации на всю машину.

Ровно через год, в августе 1964 года, завод изготовил и поставил под настройку два первых образца машины. Всего два месяца потребовалось для их комплексной стыковки и настройки. В октябре того же 1964 года оба образца выдержали проверку по техническим условиям и были приняты заказчиком. Вместо установленного техническими требованиями быстродействия в 100 тысяч операций в секунду машина выполняла 220 тысяч, что превышало заданное быстродействие в два с лишним раза.

Машина оказалась технологичной в изготовлении и практически не требовала настройки. Производство М-4М продолжалось до 1985 года. (Было выпущено более сотни комплектов.)

Серия машин М-4М имела три модификации, условно обозначенные как 5Э71, 5Э72 и 5Э73, отличавшиеся объемами внутренней памяти. Для расширения возможностей применения дополнительно к ним был разработан ряд абонентских систем (АС-1, АС-2, АС-3 и др.), а также внешний вычислитель 5Э79. На базе этих машин были построены многомашинные вычислительные комплексы, объединенные в мощную вычислительную систему, работающую в реальном времени.

М.А. Карцев вспоминал с волнением и гордостью: "В 1957 году, 25 лет назад, началась разработка одной из первых в Советском Союзе транзисторных машин — М-4, работавшей в реальном масштабе времени и прошедшей испытания.

В ноябре 1962 года вышло постановление о запуске М-4 в серийное производство. Но мы-то прекрасно понимали, что машина для серийного производства не годится. Это была первая опытная машина, сделанная на транзисторах. Она трудно настраивалась, ее было бы трудно повторить в производстве, и кроме того, за период с 1957-го по 1962 год полупроводниковая техника сделала такой скачок, что мы могли бы сделать машину, которая была бы на порядок лучше, чем М-4, и на порядок мощнее, чем вычислительные машины, которые выпускались к тому времени в Советском Союзе. Всю зиму 1962/63 года шли жаркие споры. Руководство института (мы тогда были в Институте электронных управляющих машин) категорически возражало против разработки новой машины, утверждая, что в такие короткие сроки мы этого сделать ни за что не успеем, что это авантюра, что этого не будет никогда.

Конец этим спорам положило решение военно-промышленной комиссии Президиума Совета Министров СССР, изданное в марте 1963 года. И в этом же месяце мы передали предприятию, которое сейчас возглавляет В.А. Курочкин, документацию на первый шкаф машины — арифметическое устройство. К августу 1963 года была передана вся документация на машину, а в августе 1964 года завод выставил под настройку два первых образца. В октябре 1964 года, меньше чем через два года после выхода постановления правительства, первые два образца машины ушли в места эксплуатации, а в декабре 1964 года ушло еще пять машин. Эти машины выпускались в течение более чем 15 лет и сейчас еще верно несут свою службу..." (Из доклада, посвященного 15-летию НИИВК.)

По результатам научных исследований, выполненных при разработке машин серии М-4М, были защищены докторская диссертация М.А. Карцевым, кандидатские диссертации Л.В. Ивановым, Ю.В. Рогачевым,



В редкую минуту
отдыха (70-е гг.)

Р.П. Шидловским, Ю.Н. Мельником, Е.А. Брательским. В процессе проведения работ отдел, возглавляемый М.А. Карцевым, расширился до 200 сотрудников. Было образовано пять лабораторий, которые возглавили кандидаты технических наук Ю.В. Рогачев, Л.В. Иванов, Р.П. Шидловский, Е.В. Гливенко, Ю.Н. Мельник. В работах принимали участие около 30 конструкторов ИНЭУМ, а также службы института. Большой вклад в создание машины внесли Г.И. Танетов, В.А. Брик, Л.З. Либуркин, А.Г. Коновалов, Л.В. Иванов, Р.П. Шидловский, Р.П. Макарова, Г.М. Кабаенкова, В.М. Емелин, Ю.Н. Мельник.

М.А. Карцеву была присуждена Государственная премия СССР (1967 г.).

Опережая время

Казалось, можно было успокоиться, отдохнуть от напряженнейшего труда или, во всяком случае, сделать передышку.

Этого не получилось и, наверно, просто не могло получиться. Еще в 1966 году Карцев выдвинул идею создания многомашинного вычислительного комплекса, построенного из вычислительных машин, специально разработанных для совместной работы в таком комплексе. Проведенные исследования показали, что производительность комплекса может достигнуть миллиарда операций в секунду. На то время ни одна из машин в мире не имела такой производительности! Это воодушевляло Карцева, увлекало коллектив разработчиков. Уже в 1967 году был разработан эскизный проект комплекса (ВК М-9). При защите в министерстве он получил положительную оценку.

ВК М-9 включал в себя процессор управления и четыре разновидности вычислительных машин: функционально-операторную, числовую, ассоциативную и внешний вычислитель.

Основная идея, заложенная в ВК М-9, состояла в том, что структура

вычислительных машин должна быть рассчитана на работу не с отдельными числами, а с группами чисел, представляющими собой приближенные представления функций, либо многомерные вектора. Иными словами, должны быть учтены более глубокие смысловые связи в информации, чем связи, учитываемые в существующих машинах: не только между отдельными разрядами одного числа, но и между отдельными числами, представляющими собой значения одной функции. Соответственно все машинные операции должны быть определены не над пространствами чисел, а над пространствами функций. В число этих операций могут входить сложение, вычитание и умножение функций, сравнение функций, аналогичные операции над функцией и числом, отыскание максимума функций, вычисление неопределенного интеграла, вычисление определенного интеграла от производной двух функций, сдвиг функции по абсциссе и т.д.

Многие из этих операций могут быть истолкованы как известные операции над векторами: сложение и вычитание функций — как сложение и вычитание векторов, вычисление определенного интеграла от производной двух функций — как вычисление скалярного произведения двух векторов, сдвиг функций по абсциссе — как поворот вектора относительно осей координат и т.д.

Главное отличие такой машины (названной Карцевым функционально-операторной) от обычной состояло в организации взаимодействия арифметических устройств АУ. Они работали от одного общего тактирующего генератора, причем каждая машина выполняла свою операцию в течение одного или двух тактов, а в конце каждой операции и в начале следующей обеспечивался (без каких-либо дополнительных потерь времени) обмен информацией между выходом любого АУ и входом любого ЗУ (запись предыдущих операций) и между входом любого АУ и выходом любого ЗУ (чтение исходных данных для следующей операции), а также между АУ.

Векторная числовая машина, включенная в состав ВК М-9, осуществляла операции над частями функций или с многомерными векторами. Ассоциативная машина, обладая высокой производительностью, брала на себя большую часть “неквалифицированной” работы по переборам и упорядочению массивов информации. Числовая машина работала по самостоятельной программе и по программе, синхронизированной с другими машинами ВК М-9. Включение в синхронную работу разнородных вычислительных машин позволяло комплексу сохранить высокую производительность при работе с разнородной информацией и делало его универсальным вычислительным средством для решения широкого класса задач, требующих очень высокой производительности.

К сожалению, вычислительный комплекс М-9 промышленного освоения не получил, но его разработка и успешная эксплуатация макета явились наглядным свидетельством огромного творческого потенциала коллектива, возглавляемого М.А. Карцевым. 1967 год стал знаменательным для разработчиков ВК М-9: был организован Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов НИИВК. Отдел Карцева стал его костяком, а самого Карцева назначили директором. Это было официальным признанием научной школы Карцева.

В 1969 году вышло постановление правительства о создании электронной вычислительной машины М-10, в основу которой была положена векторная числовая машина из ВК М-9.

По словам д.т.н. Л.В. Иванова, “этому предшествовало авторитетное совещание, на котором рассматривалась перспективность двух начатых разработок: “Эльбрус” (академик С.А. Лебедев) и М-10 (М.А. Карцев). Лебедев решительно высказался против многопроцессорности в “Эльбрусе” и отстаивал однопроцессорный вариант максимального быстро-

действия. Академик Глушков поддержал оба направления. Оба направления и были одобрены" (см. журнал "Вопросы радиоэлектроники", вып. 2 за 1993 г.). В этом же году началась разработка конструкторской документации и последовательная передача ее на завод-изготовитель. С 1970 года на заводе была начата подготовка производства и изготовление экспериментального образца. К середине 1970 года заводу-изготовителю была передана вся конструкторская документация, а через год, в августе 1971 года, завод поставил под настройку экспериментальный образец машины М-10. Одновременно шла корректировка конструкторской документации и изготовление устройств промышленных образцов машины. Этот год был очень тяжелым для М.А. Карцева. Напряженная работа сказалась на здоровье: обширный инфаркт на несколько месяцев уложил его в постель. К счастью, все обошлось благополучно.

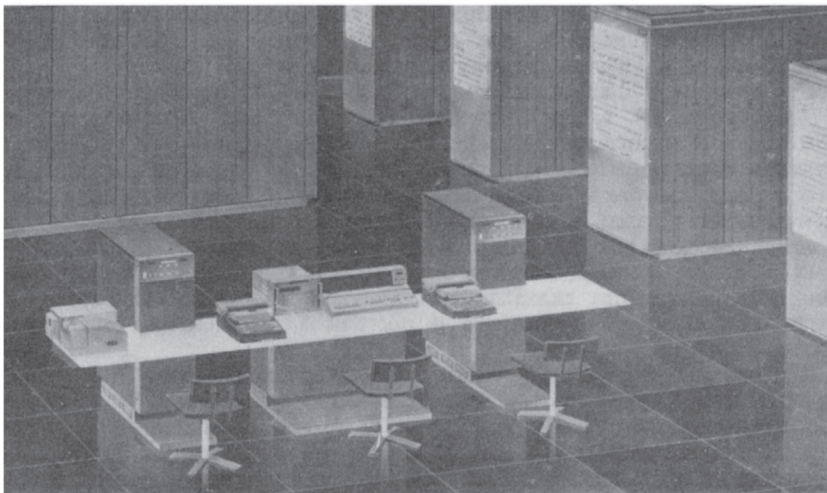
К июню 1973 года все устройства первого образца были изготовлены, прошли проверку на соответствие техническим условиям и поставлены для комплексной отладки машины в целом. В сентябре того же года первый промышленный образец М-10 успешно выдержал комплексную проверку по техническим условиям и передан в опытную эксплуатацию и для отладки математического обеспечения.

В декабре 1973 года были завершены испытания и второго промышленного образца. Практически с этого момента началось серийное изготовление машин М-10. Производство продолжалось свыше 15 лет. Было изготовлено несколько десятков комплектов, большинство из которых до настоящего времени находится в эксплуатации. На базе машин М-10 был построен ряд мощных вычислительных комплексов. В 1976 году, работая в одном из таких вычислительных комплексов, машина М-10 вместе с математическим обеспечением успешно выдержала государственные испытания.

Создание ЭВМ М-10 было отмечено присуждением в 1977 году Государственной премии СССР группе специалистов НИИВК, завода-изготовителя и монтажной организации. В числе удостоенных звания лауреатов Государственной премии были: от НИИВК — заместители главного конструктора Л.В. Иванов, А.А. Крупский, Л.Я. Миллер, Ю.В. Рогачев, Р.П. Шидловский и разработчик математического обеспечения А.Ю. Карасик; от завода-изготовителя — главный инженер А.Г. Шишилов и заместитель главного конструктора по производству В.А. Мушников; от монтажной организации — главный инженер И.Н. Ярыгин. Главный конструктор ЭВМ М-10 М.А. Карцев был награжден орденом Ленина. Орденами и медалями СССР были награждены 118 сотрудников НИИВК и многие работники завода-изготовителя.

Вычислительная машина М-10 представляла собой многопроцессорную систему синхронного типа и относилась к машинам третьего поколения: в качестве основных логических элементов в ней использовались микросхемы серии 217 ("Посол"). Машина предназначалась для обеспечения работы сложных автоматизированных систем управления в реальном масштабе времени, а также могла решать широкий круг научно-технических задач.

Уступая по производительности из-за несовершенства элементной и конструктивно-технологической базы появившейся в те же годы



ЭВМ М-10 (5Э66)

американской супер-ЭВМ “Cray-1”, ЭВМ М-10 превосходила ее по возможностям, заложенным в архитектуру. Они определяются числом машинных циклов (в среднем) на одну выполняемую операцию. Чем оно меньше, тем более совершенна архитектура ЭВМ. Для М-10 оно составляет от 0,9 до 5,3 (для всего спектра операций), а для “Cray-1” — от 0,7 до 27,6. Здесь минимальные значения близки одно к другому, а максимальное значение для ЭВМ М-10 намного меньше максимального значения для “Cray-1” (по оценке д.т.н. проф. Б.А. Головкина, см. его статью “Эволюция параллельных архитектур и машин серии М”//Вопросы радиоэлектроники. Вып. 2 за 1993 г.).

Чтобы читателю была понятна важность создания ЭВМ М-10, следует сказать хотя бы несколько слов о ее основном назначении. Оно долго держалось в секрете, потому что машина разрабатывалась для Системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН), а также для общего наблюдения за космическим пространством. Информация об этом впервые появилась на страницах газеты “Правда” от 1 апреля 1990 г. (статья А.Горохова “Стояние при Пестрялове”). Задача системы — обеспечить военно-политическое руководство страны достоверной информацией о возможной угрозе ракетного нападения и обстановке в космосе, т.е. она имеет чисто оборонительный характер. Сейчас на околоземных орбитах находится около 17 тысяч объектов различного происхождения, включая действующие и отслужившие свой срок спутники, куски ракетоносителей и пр. Первый эшелон СПРН — космический: по факелам запускаемых ракет спутники засекают их старт. Костяк системы — ее второй, наземный эшелон, включающий мощные радиолокационные станции, расположенные по окраинам страны (до развала СССР их было девять — под Ригой, Мурманском,



Рене Павлович Шидловский

Печерой, Иркутском, Балхашом, Мингечауром, Севастополем, Мукачевым), а также сеть вычислительных комплексов на базе ЭВМ М-10.

Даже обычная подготовка войск в наше время связана с пусками ракет разного класса. А если ядерные ракеты попадут в руки политических авантюристов, амбициозных “вождей”, способных на так называемые “несанкционированные” пуски? Требуется быстрая и точная оценка подобной деятельности, иначе последствия могут быть убийственными для всей планеты. Не случайно, говорится в газетной заметке, вызрела парадоксальная, на первый взгляд, мысль о координации работы систем предупреждения и контроля космического пространства в планетарном масштабе.

Следует подчеркнуть исключительно высокие требования к вычислительной технике, используемой в таких систе-

мах: на подсчет траектории запущенной ракеты отводятся немногие секунды, а объем данных, поступающих в ЭВМ от радиолокационных станций, огромен.

(Основные технические характеристики ЭВМ М-10 даны в Приложении 9.)

К началу 1980 годов ЭВМ М-10 обладала наивысшими производительностью (по некоторым оценкам — 20-30 млн. операций в сек.), емкостью внутренней памяти и пропускной способностью мультимплексного канала, достигнутыми в СССР. Впервые в мире в ней был реализован ряд новых прогрессивных решений, в том числе: предусмотрена возможность синхронного комплексирования до 7 ЭВМ при прямом (минуя мультимплексный канал) обмене информацией между программами отдельных машин и динамическом разделении оборудования; реализована автоматическая перестройка поля процессоров; в состав ЭВМ введен второй уровень внутренней памяти емкостью более 4 млн. байт с произвольным доступом; обеспечен внешний обмен с обоими уровнями внутренней памяти.

Новизна технических решений защищена 18 свидетельствами на изобретения и 5 свидетельствами на промышленные образцы.

Большой объем внутренней памяти машины М-10 потребовал и значительного количества оборудования. Если все оборудование машины размещалось в 31 типовом шкафу, то оперативная память первого уровня, выполненная на ферритовых сердечниках типа М-100П2 с внешним диаметром в 1 мм, занимала 8 таких шкафов, постоянная память — конденсаторного типа со сменными металлическими перфокартами в качестве носителя информации — занимала также 8 шкафов, большая память (память второго уровня) на сердечниках М-100П2 размещалась в 4 шкафах. С целью сокращения общего объема



С внуком

машины М-10 было принято решение провести исследование возможностей создания запоминающих устройств с теми же объемами памяти, но более компактных. Эти исследования дали положительные результаты: в 1974 году началась разработка новых запоминающих устройств. В качестве носителей информации в оперативной памяти первого уровня и в большой памяти (памяти второго уровня) использовались интегральные схемы; в постоянной памяти использовались тороидальные магнитные сердечники с диаметральными отверстиями, обеспечивающие неразрушающее считывание информации. В 1975 году конструкторская документация была передана на завод-изготовитель. Были изготовлены головные образцы этих устройств. Весь объем оперативной памяти первого уровня разместился в одном типовом шкафу. Объем большой памяти — в двух шкафах, объем постоянной памяти — также в двух шкафах. По своему функционированию новые устройства полностью обеспечивали все тактико-технические характеристики машины М-10.

С 1980 года машина стала выпускаться с новыми запоминающими устройствами и получила обозначение М-10М. Машины М-10 и М-10М были программно совместимы и полностью взаимозаменяемы.

Сам Михаил Александрович в докладе в год пятидесятилетия института так вспоминал о памятных годах его становления: «В 1967 году мы вышли с довольно дерзким предложением — проектом вычислительного комплекса М-9. Это было в год 50-й годовщины Октябрьской революции, поэтому вычислительный комплекс назывался «Октябрь». Для Минприбора, где мы тогда пребывали, это оказалось уж слишком. Нам сказали: «Идите вы к Калмыкову, раз уж работаете на него». И вот эту дату, это пятидесятилетие мы сегодня и празднуем.

Проект М-9 остался неосуществленным. Но в 1969 году началась разработка вычислительной машины М-10, которая в 1973 году впервые вышла на места эксплуатации. В течение ряда лет эта машина была мощнейшей в Советском Союзе и сейчас продолжает выпускаться и эксплуатироваться. На машине удалось получить уникальные научные

результаты, в особенности в области физики. Нельзя сказать, что разработка М-10 была встречена с распростертыми объятиями. Нам говорили, по правде сказать, что мы психи, что нельзя собрать воедино такую грудку металла, что все это никогда не заработает. Это мы теперь приучили, так сказать, психологически, что большая вычислительная машина может состоять из такого количества аппаратуры. Тогда никто к этому готов не был. Да и работать нам было невероятно трудно: коллектив тогда трудился на “Соколе-1”, в Большом Власьевском переулке (в полуподвале), в полуподвале на улице Бурденко, в полуподвале на Плющихе, на большой Почтовой улице, в полуподвале на улице Щукина и еще в нескольких местах по всей Москве.

Выделившись из ИНОУМ, коллектив получил помещение бывшей столярной мастерской одного из предприятий на “Соколе” площадью 590 кв. метров. Чтобы разместить весь коллектив, пришлось искать по всей Москве и арендовать нежилые помещения, в основном полуподвального типа. Собственное здание — типовую школу — институт построил в 1975 году, а лабораторный корпус по специальному проекту — в 1985-1986 годах.

Но всегда была деловая и дружеская поддержка со стороны руководства Министерства, со стороны П.С. Плешакова (министра. — *Прим. авт.*), его заместителя В.И. Миркова, а сейчас — О.А. Лосева, со стороны руководства объединения, со стороны высших партийных органов, Госплана, комиссии Президиума Совета Министров СССР, со стороны дружественных предприятий, со стороны заказчика. Они помогали нам работать, помогали вытянуть это дело.

И мы вытянули. Работа была отмечена Государственной премией СССР”.

“Нам говорили., что мы психи, что... это никогда не заработает”, — сказал М.А. Карцев по поводу отношения многих авторитетов к ЭВМ-10 и вычислительным комплексам, включавшим две и три ЭВМ.

Скептиков нетрудно понять, если познакомиться с некоторыми цифрами. В БЭСМ-6 использовалось 60 тысяч транзисторов, 180 тысяч полупроводниковых диодов, 12 миллионов ферритных сердечников. Вычислительный комплекс из трех ЭВМ М-10 содержал 2100 тысяч микросхем, 1200 тысяч транзисторов, 120 миллионов ферритных сердечников. Это не только “грудка металла”, как сказал Карцев, но и труднопредставимое количество электронных элементов, объединенных в сложные схемы, которые надо было заставить слаженно работать.

И тем не менее вычислительные комплексы заработали... По мере отработки математического обеспечения и частичных аппаратурных доработок прекращение автоматической обработки данных за год составило всего 10 минут!

Не все относились с одобрением к выдающимся успехам Карцева и его замечательного коллектива. Вспоминаю такой случай.

Где-то в конце 60-х или начале 70-х годов мне в Киев позвонил Карцев и обратился с просьбой быть оппонентом по докторской диссертации сотрудника его института В.А. Брика, участника работ по ВК М-9. Знакомся с присланной в Киев диссертацией, я убедился, что она далеко не заурядна — предлагались совершенно новые методы ускоренного выполнения ряда операций и соответствующие, проверен-

ные практикой оригинальные схемные решения. В досконально исследованной области науки и техники, где, казалось, уже все изучено и расставлено по своим местам, автор диссертации сумел сказать новое и весьма весомое слово. Такого же мнения придерживался и второй оппонент, известный ученый, написавший ряд книг по вычислительной технике, А.А. Папернов. Поддержали диссертанта и выступавшие.

Нас обоих шокировало отрицательное решение ученого совета, возглавляемого академиком В.С. Семенихиным. Оно было явно необъективным. Члены совета, недоброжелательно относившиеся к Карцеву, "отыгрались" на его ученике.

Последний бой...

В 1978 году М.А. Карцев предложил приступить к работам по созданию новой многопроцессорной векторной вычислительной машины, используя опыт, полученный при разработке, изготовлении и эксплуатации машин М-10 и М-10М, а также новейшие достижения в технологии и в электронной технике. Решено было присвоить этой машине условное обозначение М-13.

В 1979 году коллектив начал разработку конструкторской документации. Были определены и заводы-изготовители, на которых предполагалось вести производство машины М-13. В течение 1980-1981 годов конструкторская документация комплектно по устройствам была передана на эти заводы.

М-13 стала машиной четвертого поколения. В качестве элементной базы в ней были использованы большие интегральные схемы. В архитектуре этой многопроцессорной векторной ЭВМ, предназначенной в первую очередь для обработки в реальном масштабе времени больших потоков информации, предусмотрены четыре основных части: центральная процессорная часть, аппаратные средства поддержки операционной системы, абонентское сопряжение, специализированная процессорная часть.

Центральная процессорная часть включает: арифметические процессоры (4, 8 или 16), главную оперативную память, главную постоянную память, оперативную память второго уровня, центральный коммутатор, центральное управление, устройство редактирования, мультиплексный канал. Аппаратные средства поддержки операционной системы имеют: центральный управляющий процессор, таблицы виртуальной трехуровневой памяти, средства поиска. Абонентское сопряжение включает: стандартизированное электрическое сопряжение, программируемый интерфейс, сопрягающие процессоры (от 4 до 128). Специализированная процессорная часть состоит из контроллера технического управления, управляющей памяти гипотез, процессоров когерентной обработки (от 4 до 80).

Машина М-13 имела модульное построение и допускала переменную комплектацию, способную оптимально обеспечить пользователю необходимые технические характеристики. Так, центральная процессорная часть имела три конфигурации и могла иметь производительность в зависимости от исполнения $12 \cdot 10^6$, $24 \cdot 10^6$ и $48 \cdot 10^6$ операций в секунду. При этом также соответственно изменялся и объем внутренней памяти, пропускная способность центрального коммутатора и пропускная способность мультиплексного канала. Так, объем внутренней памяти мог составлять 8,5, 17,0 или 34,0 Мбайт, пропускная



ЭВМ М-13

способность центрального коммутатора — 800, 1600 или 3200 Мбайт/сек., пропускная способность мультиплексного канала — 40, 70 или 100 Мбайт/сек.

Абонентское сопряжение и специализированная процессорная часть могли комплектоваться еще более гибко.

Специализированная процессорная часть машины предназначена для обработки больших массивов относительно малоразрядной информации (быстрое преобразование Фурье, вычисление корреляционных функций, сравнение с порогом, проверка гипотез и др.) и имеет в качестве базовой операции произведение двух комплексных чисел (двухточечное преобразование Фурье). Специальный (комплексный) арифметический процессор выполняет эту базовую операцию за один машинный такт. Эквивалентное быстродействие линии комплексных процессоров на порядок превышает быстродействие линии арифметических процессоров на сопоставимых форматах данных.

Эквивалентное быстродействие специализированной процессорной части машины М-13 в максимальной комплектации при решении указанных выше задач может достигать $2,4 \cdot 10^9$ операций в секунду.

Абонентское сопряжение машины М-13 содержит операционную систему, систему программирования и отладки, файловую систему, систему документирования, библиотеку типовых программ и др. (см. Приложение 10).

Свое выступление в мае 1982 года в день пятидесятилетия института М.А. Карцев закончил следующими словами:

“...Нам сейчас кажется, что мы никогда не выпускали в свет такой хорошей разработки (имеется в виду машина М-13. — *Прим. авт.*), как мы пытаемся выпустить сейчас, и что никогда так трудно не было выпустить разработку в свет, как сейчас, никогда мы не встречались с такими трудностями. Но я хочу вам просто напомнить, что мы переживали очередную влюбленность в каждую нашу разработку и трудности у нас всегда были неимоверные. Я вот сейчас просыпаюсь ночами в холодном поту от того, что так медленно и с таким трудом

идет производство нашего нового детища. Но понимаете, это, в общем, относится просто, наверное, к старческой бессонице. А на самом деле ведь от того дня, как мы получили задание правительства, прошло не очень много, прошло всего два года и восемь месяцев. И не может быть, чтобы наш коллектив, в котором есть и убежденные седины и умудренные опытом ветераны, и энергичная и образованная молодежь, чтобы мы не вытянули это наше детище!

“Когда-нибудь мы вспомним это, и не поверится самим, но нам сейчас нужна одна победа, одна на всех, мы за ценой не постоим!”

Последняя фраза взята М.А. Карцевым из песни, впервые прозвучавшей в памятном для многих фильме “Белорусский вокзал”. И это не случайно. Бывший сержант-танкист остался фронтовиком, работал с максимальным напряжением сил и нервов, что на фронте приводило к подвигу (медаль “За отвагу” и орден Красной Звезды в 20 лет!), а в мирное время позволило ему и его коллективу совершать казалось бы, невозможное.

Завершающие проникновенные слова выступления М.А. Карцева перед сотрудниками созданного им с таким трудом института стали как бы его завещанием. Через год — 23 апреля 1983 г. — его не стало...

Один из немногих

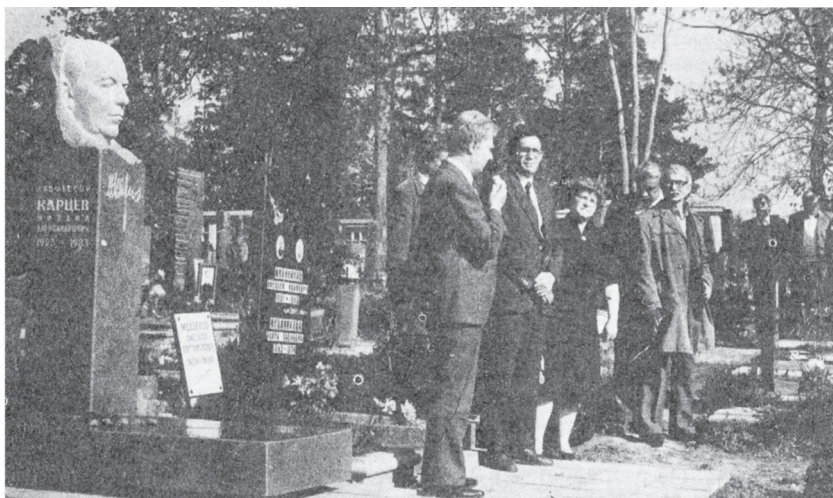
Директором института и главным конструктором машины М-13 был назначен Ю.В. Рогачев, работавший при М.А. Карцеве главным инженером института и первым заместителем главного конструктора (см. биографическую справку. Приложение II). Выполнить завещание основателя института и успешно завершить начатые им работы стало основной задачей коллектива НИИВК. Рогачев активно занялся поиском возможностей подключения специализированного завода к производству машины М-13 — последнего детища Карцева. Эти поиски увенчались успехом: в 1984 году промышленное производство машины М-13 было начато.

Под руководством Ю.В. Рогачева, при активном участии первого заместителя главного конструктора к.т.н. Л.Я. Миллера, заместителей главного конструктора к.т.н. Р.П. Шидловского, к.т.н. А.А. Крупского, к.т.н. А.Ю. Карасика, Е.И. Цибуля, а также руководителей отделов и лабораторий, ведущих специалистов по вычислительной технике и программированию были успешно проведены работы по выпуску и вводу в эксплуатацию машин М-13 вместе с программным обеспечением. Успешно продолжались работы и по созданию новых вычислительных комплексов на базе машин М-10М, в том числе и с использованием волоконных оптических линий.

Вклад коллектива института в развитие отечественной вычислительной техники был высоко оценен правительством: в 1986 году Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Высокие награды получили многие сотрудники института, в том числе Ю.В. Рогачев (орден Трудового Красного Знамени).

В продолжение всей своей деятельности М.А. Карцев проявлял высокую творческую активность. Его монографии по основам теории арифметических устройств и основам проектирования структуры ЭВМ



Памятник на могиле М.А. Карцева

стали настольными книгами для разработчиков вычислительной техники. Менее известны созданные под руководством Карцева ЭВМ, имевшие специальное назначение и находившиеся на вооружении Советской Армии. ЭВМ М-4М (шифр 5Э71, 5Э72, 5Э73) на порядок превосходили современные им М-220, БЭСМ-4 и др. Они несли дежурство на ответственных объектах с 1967 г. до 1981 г., выпускались серийно; наработка на отказ или сбой составляла в них 700-1000 часов.

ЭВМ М-10 (шифр 5Э66) значительно превосходила современные ей отечественные ЭВМ (БЭСМ-6, ЕС-1060).

Из ЭВМ 5Э71-5Э73 и 5Э66 был создан и находился в постоянной круглосуточной эксплуатации крупнейший в стране многомашинный комплекс, в котором по единому алгоритму работали 76 ЭВМ, соединенных каналами передачи данных длиной в десятки тысяч километров.

Карцев понимал, что ЭВМ, разработанные в Институте вычислительных комплексов, способны не только нести службу в оборонительной системе предупреждения ракетного нападения, но могут принести огромную пользу в научном исследовании при выполнении наиболее сложных научно-технических расчетов, которые в то время не могли быть выполнены ни на одной отечественной машине не только из-за более низкого быстродействия, но и из-за значительно меньшей емкости внутренней памяти. Несмотря на сопротивление военного административного аппарата, он добился разрешения на публикацию материалов об ЭВМ М-10, активно способствовал установлению связей с организациями, нуждавшимися в высокопроизводительной технике. По его инициативе на М-10 были проведены особо сложные научные расчеты: по механике сплошной среды (в 40-45 раз быстрее, чем на ЕС-1040), по моделированию плазмы (в 20 раз быстрее, чем на БЭСМ-6, для вариантов,

помещающихся в ОЗУ БЭСМ-6, и в сотни раз быстрее для реальных вариантов). Впервые в мире на модели получены данные по явлению коллапса в плазме, чего не удалось сделать на СДС-7600 в США; часть этих результатов опубликована в докладах АН СССР (т. 245, 1979, № 2, с. 309-312), трудах XV международной конференции по явлениям в ионизированных газах (Минск, июль 1981 г.), доложена на европейской конференции в Москве осенью 1981 г.

По оценкам Института прикладной математики АН СССР, быстродействие М-10 на 64-разрядном формате превосходит БЭСМ-6 (48 разрядов) в 3,6-4,6 раза, ЕС-1060 — в 3-5,6 раза, ЭВМ “Эльбрус-1-1” (48 разрядов) — в 2,4 раза.

Разработки М.А. Карцева были основаны на новых технических решениях, опережавших свое время: страничная организация памяти, сочетание операций с плавающей и фиксированной запятой в М-2 (1952-1956 гг.), микроэлементная структура команд (“модальности операций”) в машине М-4 (1957-1959 гг.), магистральная (“конвейерная”) структура в М-4М (1962-1964 гг.), программно-перестраиваемая линейка синхронных процессоров, векторная структура, быстродействующая оперативная память 2-го уровня в М-10.

В многопроцессорной системе 4-го поколения М-13 впервые реализована аппаратура пооперационных циклов (обеспечивающая независимость программы от числа процессоров в системе), аппаратура сегментно-страничной организации памяти (перекрывающая возможности файловой системы), программно-управляемый периферийный процессор для операций типа преобразования Фурье, Уолша, Адамара, Френеля, вычисления корреляционных функций, пространственной фильтрации и т.п. Среднее быстродействие центральной части — до 50 млн. операций в секунду (или до 200 млн. коротких операций в секунду), внутренняя память — до 34 Мбайт, скорость внешнего обмена — до 100 Мбайт в секунду, эквивалентное быстродействие периферийного процессора на своем классе задач — до 2 миллиардов операций в секунду.

М.А. Карцев — автор фундаментальных теоретических работ по вычислительной технике (5 монографий, 55 статей и отчетов, 16 изобретений). Книги “Арифметические устройства электронных цифровых машин” (русское издание — 1958 г., позднее переиздавалась за рубежом), “Арифметика цифровых машин” (1969 г.) заложили основы теории арифметических устройств; их выводы вошли в учебники. В последних монографиях “Архитектура цифровых вычислительных машин” и “Вычислительные системы и синхронная арифметика” (1978 г.) практически впервые сделана попытка поставить на научную основу



Ю.В. Рогачев (80-е гг.)

проектирование общей структуры ЭВМ и аппаратуры для выполнения параллельных вычислений.

М.А. Карцев — один из инициаторов развертывания в СССР работ по использованию достижений оптоэлектроники в вычислительной технике. Впервые в СССР в НИИ вычислительных комплексов была создана волоконно-оптическая система для многомашинного комплекса из шести ЭВМ М-10.

Трудовые достижения М.А. Карцева отмечены орденом Ленина (1978 г.), орденом Трудового Красного Знамени (1971 г.), орденом “Знак почта” (1966 г.) и медалью “За доблестный труд”. В 1967 году ему была присуждена Государственная премия СССР.

В 1993 г. Научно-исследовательскому институту вычислительных комплексов присвоено имя его основателя.

Рассказ о М.А. Карцеве я завершаю словами из письма его сына Владимира.

“Те немногие страницы, что я Вам посылаю, — это, конечно, гораздо меньше, чем заслужил отец.

Чем больше я думаю о нем, тем труднее мне ответить самому себе на вопрос, каким же он был. Несомненно, основным для него была его работа, но так же несомненно и то, что он достиг бы успехов и в ином деле, если бы судьбе было угодно заменить ему конструирование вычислительных машин на что-нибудь другое.

Отец очень ценил в человеке любой талант и умение, будь то способность решить теоретическую проблему или хорошо водить машину. К сожалению, очень часто ему приходилось общаться с теми, кто этими талантами не обладал, но от них зависела судьба его дела. В этих случаях многое приходилось ему брать на себя. Была и другая причина такого поведения отца. Однажды он прочитал мне вслух примерно такой эпитаф, предваряющий книгу по теории графов: “Узнав, что его собирается посетить тетушка, ковбой Джон развил бурную деятельность, и когда тетушка приехала, ее встретили обедом. Тетушка была удивлена только тем, что тарелки были прибиты к столу гвоздями. После трапезы Джон свистнул собак, они примчались и вылизали все тарелки. “Приучить вас прибегать к столу, — сказал Джон, обращаясь к собакам, — было не так просто. Но дело того стоило. Тетушка тотчас уехала”. Прочитав эпитаф, отец добавил: “Руководитель каждого проекта должен быть готов к тому, чтобы выполнить его весь своими руками. Это не так просто, но дело того стоит!”.

Как бы между делом отец читал лекции студентам-вечерникам (днем он был на работе) и также между делом стал профессором. Тогда мне казалось это естественным, я думал, что с возрастом все становятся профессорами. Как-то я все же спросил его, когда он готовится к лекциям. “Да я просто рассказываю студентам главу за главой из моей новой книжки”, — ответил отец. Действительно просто! Но и я был не лыком шит. “А что ты будешь делать, когда все главы кончатся, ведь книжка-то еще не дописана?” — спросил я. “А к тому времени и курс кончится”, — отшутился отец. Больше вопросов у меня не было. А теперь их появляется все больше. Когда же отец успевал писать свои книги и статьи? Очень сомневаюсь, чтобы он мог хоть что-нибудь написать на работе.

Вот чего ему не надо было делать, так это “врабатываться” в дело. Этот термин поймут многие люди творческих профессий, которым надо ловить вдохновение, чтобы взяться за перо. Он же писал книги в любую свободную минуту. Писал без черновиков. Рукопись сразу шла машинистке. Теперь уже никто не узнает, какой процесс предшествовал тому моменту, когда мысли

переходили на бумагу, и действительно ли легко отцу писалось. У него не было хобби типа коллекционирования марок или строительства дачи. Наверное, в этом секрет того, что он постоянно был в форме и ему не надо было “врабатываться”: в какой-то мере создание книг и являлось его хобби.

Непрофессионализма отец не любил в любой области. Помню слова негодования, когда он собирал приемник из детского набора, в котором ни одна деталь не помещалась на отведенное ей место. Зато в преодолении трудностей, заслуживающих, на его взгляд, внимания, отец бывал безгранично терпелив. Когда отец занимался, он был удивительно спокоен.

Принимая экзамен у студентов, отец разрешал им приносить с собой любые книги. И уж конечно — я безгранично уверен в этом — он не требовал, чтобы они знали столько же, сколько он сам. И все же его экзамен не считали самым легким. Он требовал не запоминания информации, а понимания предмета. Многие ли могут похвастаться этим?

Интеллект отца остался в его разработках и книгах, работах его последователей, интеллигентность — только в памяти тех, кто знал его. Последнее качество делало отца более уязвимым в тех случаях, когда надо было договориться с властью предрешающими или потребовать что-то. Без интеллигентности, как и без чувства юмора, не было бы того человека, которого мы все помним.

Одними из любимых книг отца были “Двенадцать стульев” и “Золотой теленок” Ильфа и Петрова. Читали мы также их “Одноэтажную Америку”, “Двух капитанов” Каверина (одно время у нас была привычка читать вслух). “Евгения Онегина” отец знал наизусть. Пожалуй, не только научные книги, но и литературу в более широком смысле можно назвать его увлечением. Довольно свободно читал также по-английски (научную литературу), а однажды довольно ловко и поговорил на этом языке с двумя арабами, с которыми мы попали за один столик в кафе. Когда я учил в школе немецкий и зубрил текст, отец, запомнив его на слух раньше меня, вдруг стал подсказывать мне и по-немецки. Вообще-то он учил только английский, но давным-давно заинтересовался популярным в те годы немецким и прочитал все школьные учебники. Этого оказалось достаточно.

По особому отец относился к “Педагогической поэме” Макаренки. Он находил здесь много параллелей со своей работой и своими трудностями в становлении нового дела. Цитировал то место, где говорится, что можно относиться к своим воспитанникам как угодно, но они никогда не будут уважать тебя, если ты не специалист в своем деле. Это не случайная цитата. На первом месте у отца была наука, администрирование (политика) было вторичным. Создавая свои машины, он был готов работать бесплатно. И уж потом к идеям приложились институт, место в депутатском корпусе, поздравления министра в полагающихся случаях. При отцовской интеллигентности (это качество вкралось в мое повествование почти как постулат — очень трудно его доказывать) быть преуспевающим начальником было для него также неестественно, как печь блины на крышке от котелка, что пришлось ему делать как-то во время войны. Однако он пек их. Я-то, ничего не понимая в его науке, видел, как ему было непростно. И все же я берусь утверждать, что его друзья любили его сильнее, чем не любили враги. Возможно, по степени такой асимметрии и следует в итоге судить людей. Но кто возьмется судить? Предполагаю, что его занятие преподаванием было подготовкой запасных позиций, если бы Институт, ныне носящий его имя, не состоялся. Но он, к счастью, состоялся.

Одним из отцовских любимых фильмов была киноэпопея “Укрощение огня”. Нет, отец вовсе не был чужд романтики, я бы сказал, романтики интеллектуалов. Вероятно, отец увидел в этом фильме много близкого ему. За это он любил и книгу Виктора Некрасова “В окопах Сталинграда”, хотя обычно книг о войне не читал, говоря, что в них нет ничего общего с тем, что ему довелось видеть самому.

Заботиться о своем здоровье отец терпеть не мог. Наверное, если бы он для профилактики выезжал в санаторий, посещал бассейн, совершал прогулки, он прожил бы дольше. Однако это был бы не совсем он. А он хотел жить и умереть, не поступившись своим отношением к жизни, хотел оставаться настоящим директором созданного им института и лидером собственного направления в вычислительной технике".

Он был дорог всем, работавшим с ним, не только как авторитетнейший лидер и великий труженик, но и как добрый, внимательный к людям человек, очень честный и очень скромный. И если был у него недостаток, то только один — он был очень доверчив и считал, что все люди прекрасны, честны, добры и справедливы, как и он сам.

М.А. Карцев был и останется крупнейшей фигурой в мировой компьютерной науке и технике. Его имя золотыми буквами вписано в историю ее становления и развития.

В сборнике "Вопросы радиоэлектроники" (серия ЭВТ, вып. 2 за 1993 г.), посвященном 70-летию со дня рождения М.А. Карцева, д.т.н. Л.В. Иванов справедливо написал: "...Он относился к той немногочисленной категории людей, которые составляют цвет нации и без которых нация не может существовать".

* * *

*Из книги: Малиновский Б. Н.
История вычислительной техники в лицах.
Киев: Фирма «КИТ», 1995. С. 212–231*

6.2. У Минца использовались ЭВМ главного конструктора М. А. Карцева

*Вотинцев Ю. В.,
генерал-полковник,
командующий войсками ПРО и ПКО,
Герой Социалистического Труда*



Юрий Всеволодович
Вотинцев

В нашей стране разработка и создание надгоризонтных РЛС для предупреждения о ракетном нападении и контроля космического пространства выполнялись в Научно-исследовательском радиотехническом институте Академии наук СССР под руководством академика А. Л. Минца (главный конструктор Ю. В. Поляк). Первые станции «Днестр» были развернуты в Казахстане и Сибири. В совокупности они образовали сплошной радиолокационный барьер протяженностью 5 тыс. километров, который обеспечивал точное обнаружение и сопровождение космических объектов.

Одновременно, начиная с 1961 г., в этом же институте разрабатывались модернизированная РЛС «Днестр-М» и проект головного комплекса системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) на основном северном ракетно-опасном направлении (с территории США) с размещением этих станций в районах Заполярья, Латвии и командного пункта в Подмоскowie.

Работы на этих узлах и КП были начаты в 1963–1964 годах...

У Минца использовались вычислительные машины главного конструктора М. А. Карцева...

*Из статьи «Неизвестные войска
исчезнувшей сверхдержавы»*

6.3. Начало СПРН – как это было

*Саврасов Ю. С., д. т. н.,
разработчик алгоритмов РЛС «Днестр», РТИ*

В начале 1960-х гг. был разработан эскизный проект радиолокационных узлов раннего обнаружения баллистических ракет (узлов РО) и узлов обнаружения искусственных спутников Земли (узлы ОС), а также командных пунктов узлов РО (КПК РО) и узлов ОС (КПК ОС). Главными исполнителями этой работы были Радиотехнический институт (РТИ) (радиолокационные средства, аппаратура отображения и пульта управления КПК РО и КПК ОС, алгоритмы управления и обработки информации), 2 НИКИ МО (стратегические задачи комплексов и алгоритмы командных пунктов), лаборатория ИНЭУМ (вычислительные средства и программное обеспечение) и СНИИ-45 МО (методы испытания узлов и комплексов). От РТИ эту работу возглавлял генеральный конструктор академик А. Л. Минц и начальник отдела 55 Ю. В. Поляк, от 2 НИКИ МО начальник управления Д. С. Конторов, от ИНЭУМ – М. А. Карцев. Именно их глубокое понимание проблематики и организаторские способности обеспечили и успешную разработку эскизного проекта и дальнейшую работу по созданию узлов и командных пунктов...



Юрий Сергеевич
Саврасов

...Директор РТИ академик А. Л. Минц и главный конструктор Ю. В. Поляк в то время (конец 1950-х гг.) хорошо понимали необходимость создания в институте подразделения математиков, задачей которого являлась бы разработка методов управления РЛС и обработки ее информации с помощью ЭВМ. Начиналась эпоха компьютеров (начало 1960-х гг.), и сложные технические системы (такие как РЛС, узел, КПК РО) были немыслимы без вычислительных комплексов для управления и обработки информации.

Первые вычислительные машины для управления ЦСОП (рис. 6.5) и далее для узлов РО и ОС, КПК РО и КПК РО были созданы коллективом лаборатории ИНЭУМ под руководством главного конструктора М. А. Карцева. Первые алгоритмы и программы обработки данных ЦСОП

были разработаны также в этом коллективе под руководством Е. В. Гли-
венко. В дальнейшем этот коллектив выделился в самостоятельный
Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов —
НИИВК...

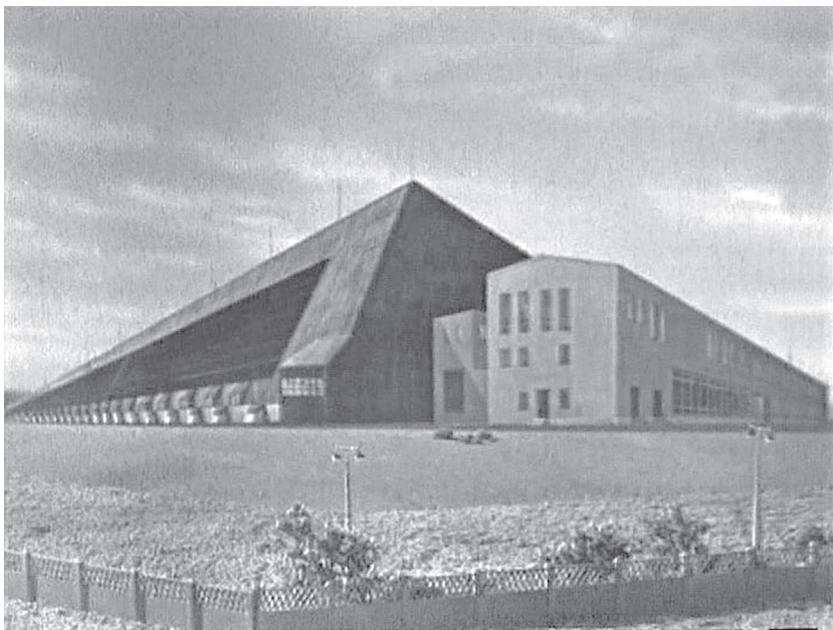


Рис. 6.5. РЛС СДО «ЦСОП»

Подготовлено для настоящего сборника

6.4. ЭВМ М4-2М в РЛС «Днестр» и «Днестр-М»

*Иванцов В. М., к. т. н.,
зам. главного конструктора РЛС «Днестр»,
Герой Социалистического Труда, РТИ*

В период конструирования РЛС «Днестр» (1962–1963 гг.) по результатам испытаний ЦСОП было внесено много технических новшеств.

Так была разработана новая аппаратура некогерентного накопления сигналов, усовершенствована аппаратура сигнализации и управления, разработана аппаратура функционального контроля станции. Для повышения надежности организовано резервирование всех систем станции (кроме «железной» антенны).

Но самым главным новшеством было то, что управление всеми режимами РЛС «Днестр-М» (рис. 6.7) и построение траекторий целей производилось от ЭВМ, которая была одной из модификаций ЭВМ М4-2М (рис. 6.8), разработанной в ИНЭУМ под руководством М. А. Карцева. В ней была применена самая новая по тем временам полупроводниковая база. (В остальной аппаратуре тогда еще применялись лампы.)



Виктор Михайлович
Иванов

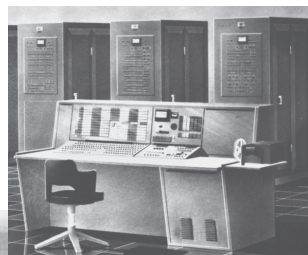


Рис. 6.7. ЭВМ М4-2М
в РЛС «Днестр»



Рис. 6.8. РЛС «Днестр-М»

*Опубликовано:
Рубежи обороны в космосе и на Земле. М.: ВЕЧЕ, 2003*

6.5. Он придумал очень удобную систему команд

Кронрод А. С., д. ф.-м. н



Александр Семенович
Кронрод



Рис. 6.10. Монография
А. С. Кронрода

А. С. Кронрод — один из первых пользователей ЭВМ М2, активный участник разработки систем программирования.

...В институте построили отличную трехадресную машину М-2. Строил М-2 талантливый инженер М. А. Карцев. Он придумал очень удобную систему команд. Вероятно, система команд чем-то похожа на стихотворение — ее сочинение не терпит соавторства. Может быть, именно поэтому система команд М-2 получилась такой цельной — не сборная солянка, а поэма в кодах. По нынешним временам машина М-2 показалась бы очень убогой — всего 512 ячеек электронной и 512 барабанной памяти (со сквозной нумерацией). Но в 1954 г. такая машина считалась отличной: у нее была плавающая запятая, а скорость доходила до 2000 действий в секунду.

Из монографии (рис. 6.10):

Кронрод А. С.

Беседы о программировании.

М.: Эдитриал УРСС, 2001

6.6. Эволюция параллельных архитектур и машины серии М

Головкин Б. А., д. т. н., проф.

Изложен в переработанном виде доклад, прочитанный на научно-технической конференции, посвященной 25-летию НИИВК (6–7 мая 1992 г.). В рамках логически полного набора параллельных архитектур проанализированы архитектуры машин серии М (М-10 и М-13), разработанных НИИВК. Показан вклад архитектур в повышение производительности ЭВМ.

Введение

Вначале хотелось бы напомнить, что главный конструктор профессор М. А. Карцев занимался отнюдь не только параллельными архитектурами. Он хорошо известен классическими трудами по машинной арифметике (цикл статей, монографии). М. А. Карцев подвел итог развития архитектур машин трех поколений в книге 1978 г. выпуска «Архитектура цифровых вычислительных машин». В этой книге, в частности, он проанализировал конвейер операций в центральной части машины. В известной книге П. М. Коуги «Архитектура конвейерных ЭВМ», в оригинале вышедшей в 1981 г., только ставится вопрос, можно ли рассматривать такого рода организацию работы машины, как конвейер операций.

Классификация и логически полный набор архитектур

В конечном счете архитектурные принципы повышения производительности — это распараллеливание и конвейеризация, хотя в практических реализациях эти два принципа могут воплощаться в самых разнообразных формах. Распараллеливание и конвейеризация на различных уровнях ЭВМ определяют то, что архитектура вкладывает в повышение производительности. Чтобы предметно говорить об эволюции архитектур, нужна соответствующая их формализация и классификация.



Борис Аркадьевич
Головкин

Если идти от самой обработки информации, то можно выделить четыре основных уровня — это уровни программ, команд, данных и слов. В архитектуре ЭВМ им соответствуют уровни устройств управления, арифметических и функциональных устройств, исполнительных устройств (блоков), соответствующих схем исполнительных устройств.

Программа может выполняться либо последовательно, либо ее участки могут выполняться параллельно или конвейерно, либо, наконец, программа может выполняться в комбинированном режиме: параллельно-конвейерно. Для параллельного, конвейерного и параллельно-конвейерного выполнения программы требуются два или более устройств управления, каждое — со своим счетчиком команд.

На уровне команд, рассматриваемых в фазе их исполнения, также возможна последовательная, параллельная, конвейерная и параллельно-конвейерная работа по выполнению операций одним или несколькими АУ соответственно. На уровне данных также осуществим каждый из четырех упомянутых выше режимов работы. Исполнительные устройства того или иного АУ могут последовательно обрабатывать одну пару операндов вслед за другой по своим командам — это скалярная обработка, либо по одной команде они могут выполнять обработку массива или вектора данных — это векторная обработка. При этом векторно-параллельная обработка реализуется набором процессорных элементов, а векторно-конвейерная — ступенями арифметического конвейера. Аналогично, на уровне слов возможны последовательно-поразрядная обработка, параллельная, конвейерная и параллельно-конвейерная обработка разрядов слов (подробнее об этом см. статью автора в журнале «Известия АН СССР. Техническая кибернетика», 1985, № 5). Набор архитектур, задаваемый четырьмя вариантами организации работы на каждом из четырех уровней, является логически полным в рассматриваемых рамках.

На первом из указанных выше уровней можно оставить для простоты два варианта — последовательное выполнение программы и одно соответствующее ему устройство управления и параллельное или/и конвейерное выполнение программы и соответствующие ему несколько устройств управления, поскольку для всех случаев второго варианта организация работы на рассматриваемом уровне — программная. Для второго и третьего уровня имеем, как это описано выше, по четыре варианта организации работы и соответствующих архитектур. Для четвертого уровня можно оставить один доминирующий вариант — параллельную обработку разрядов слов в арифметических устройствах, поскольку последо-

вательная поразрядная обработка применяется фактически только в нескольких параллельных ЭВМ с общим управлением, таких как Thinking Connection Mashine, Goodyear Massively Parallel Processor, ICL Distributed Array Processor (этот последний случай можно указывать особо).

В результате получаем $2 \times 4 \times 4 \times 1 = 32$ класса архитектур, составляющих в этом упрощенном случае их логически полный набор. Здесь для центрального процессора с его единственным устройством управления имеются 16 классов (по четыре варианта для уровней команд и данных) и при этом для каждого из них возможна многопроцессорная конфигурация, что и составляет упомянутые выше 32 класса. Все эти классы заполнены либо реализованными ЭВМ, либо прямо в некоторых классах ЭВМ не реализованы, но соответствующие архитектуры являются частью более сложных архитектур, реализованных на практике в ЭВМ (и поэтому эти архитектуры тоже реализованы).

Можно показать, что изложенный функциональный регулярный подход к построению приведенной классификации восходит к известной классификации М. А. Карцева (которая и явилась исходной) и, далее, восходит к базовой классификации М. Флинна по двум двузначным признакам — одиночные и множественные потоки команд и потоки данных ($2 \times 2 = 4$ класса). Действительно, во-первых, если общий поток команд разделить на уровни программы и собственно команд, а общий поток данных разделить на уровни собственно данных и слов и, во-вторых, значению «одиночный» поставить в соответствие — последовательный, а значение «множественный» разделить на параллельный, конвейерный и параллельно-конвейерный, то получим четыре указанных выше уровня обработки и четыре варианта организации обработки на каждом уровне.

Проанализировав основные пути эволюции архитектур ЭВМ, можно выявить основную тенденцию — по мере развития архитектур на их различных уровнях осуществляется переход от последовательной обработки к параллельной или/и к конвейерной и при этом число уровней с такими переходами увеличивается. Недавно появились ЭВМ, которые по изложенной функциональной регулярной классификации являются полностью параллельно-конвейерными. Это наиболее мощные в настоящее время суперЭВМ NEC SX-3 — многопроцессорные, с параллельно-конвейерными процессорами, имеющими векторные параллельно-конвейерные обрабатывающие устройства.

Опираясь на изложенное выше, проанализируем архитектуры ЭВМ М-10 и М-13.

Анализ архитектуры ЭВМ М-10

Напомним, что концепция машины М-10, названная М. А. Карцевым многопроцессорной системой комбинированного типа, была опубликована в журнале «Вопросы радиоэлектроники», серия ЭВТ в 1970 г. (вып. 5–6). Она опубликована также в трудах конгресса IFIP в 1971 г. Еще раньше, в 1967 г., был разработан проект ВК с центральной частью в виде ЭВМ типа М-10. В начале 1970-х гг. был развернут опытный образец ЭВМ М-10. Первый серийный образец М-10 имелся у пользователей к 1975 г. Машина прошла государственные испытания в 1976 г.

ЭВМ М-10 имеет одно устройство управления, поэтому на уровне программ она рассматривается как последовательная. Что же касается уровня команд (в фазе их исполнения), то машина имеет два АУ, способных одновременно выполнять одинаковые или различные операции. Они задаются фактически длинной командой (хотя и с ограничением — всего для двух АУ) с двумя кодами операций — по одному для каждого АУ. В концепции ЭВМ М-10 предусматривалось большое число АУ. Таким образом, на уровне команд имеется распараллеливание.

Каждое из АУ программно перестраиваемое и выполняет векторные операции параллельно над компонентами векторов той или иной длины, поэтому на уровне данных машина — векторная параллельная. Ее АУ — многоразрядные, поэтому имеется распараллеливание и на уровне слов.

Если же обратиться к реализованным вычислительным комплексам на базе нескольких ЭВМ М-10, а также к концепции комплексирования (упомянутая выше многопроцессорная система комбинированного типа), то тогда для ВК добавляется еще распараллеливание на уровне программ.

Таким образом, М. А. Карцевым предложена, насколько можно судить, впервые в мире концепция полностью параллельной вычислительной системы — с распараллеливанием на всех четырех уровнях (программ, команд, данных и слов) и, что очень важно, эта концепция реализована в виде созданных на базе ЭВМ М-10 вычислительных комплексов.

Вклад параллельной архитектуры в повышение производительности оказался столь весомым, что при большой длительности машинного такта в 1,9 мкс (из-за несовершенной элементной базы) производительность ЭВМ М-10 на госиспытаниях оказалась 5,1 млн оп/с (в пиках — значительно выше). ЭВМ М-10 вплоть до развертывания МВК «Эльбрус» оставалась наиболее мощной отечественной ЭВМ.

Таким образом, по архитектурным принципам, по концепции и реализации ЭВМ М-10 определила собой новый класс машин и была первой в стране реализацией векторно-параллельных ЭВМ. При этом машина была построена с длинным командным словом в совокупности с элементами архитектуры с сокращенным набором команд (RISC). Последнее проявляется в том, что большинство машинных операций выполняется за цикл машины и при этом широко используется регистровая поддержка. Отметим, что в период разработки ЭВМ М-10 сами термины — длинная команда, сокращенный набор команд — еще не были введены. В настоящее время направления развития архитектур с длинными командами и особенно с сокращенным набором команд являются одними из основных.

Отметим также следующее. ЭВМ М-10 — громоздкая машина, в ней много крупногабаритных шкафов, она требует сложного технического обслуживания. Все это — следствие несовершенной элементной базы. Эти обстоятельства, видимо, ограничили область применения машины. Остается сожалеть, что не было поддержано предложение М. А. Карцева перевести ЭВМ М-10 на более совершенную элементную базу. Если бы машина была миниатюризирована, она нашла бы более широкое применение.

Наконец, не удалось добиться достаточной эффективности трансляторов с языков высокого уровня и удовлетворительно разрешить проблему автоматизации распараллеливания вычислений. Такого рода проблемы — общие, относятся не только к ЭВМ М-10.

Сравнение ЭВМ М-10 с зарубежными ЭВМ

Производительность ЭВМ М-10 значительно ниже производительности наиболее мощных зарубежных ЭВМ 1970-х гг. Основная причина такого положения — большое отставание отечественной элементной и конструктивно-технологической базы. Что же касается архитектуры ЭВМ М-10, то ее сравнение с архитектурой мощных зарубежных ЭВМ 1970-х г. во многих случаях оказывается в пользу М-10.

В 1976 г., в год завершения государственных испытаний ЭВМ М-10, была осуществлена первая поставка векторно-конвейерной суперЭВМ Сгау-1 с пиковой производительностью в 160 млн операций с плавающей запятой в секунду и длительностью машинного такта 12,5 нс. Эта машина положила начало современным суперЭВМ и была наиболее мощной машиной своего времени.

Сравним вклад архитектур машин М-10 и Сгау-1 в повышение их производительности. Этот вклад можно в первом приближении оценить

числом машинных циклов, приходящихся на одну выполняемую операцию в среднем, — с уменьшением этого числа возрастает вклад архитектуры.

Если воспользоваться оценками производительности на четырнадцати первых Ливерморских циклах для 64-разрядных операций с плавающей запятой, то указанное число для ЭВМ М-10 составляет от 0,9 до 5,3, а для ЭВМ Cray-1 — от 0,7 до 27,6. Здесь минимальные значения близки одно к другому, тогда как максимальное значение для ЭВМ М-10 намного меньше максимального значения для ЭВМ Cray-1.

ЭВМ М-10 — параллельная машина с общим управлением. ЭВМ ILLIAC IV (1972 года выпуска) и BSP (1981 года выпуска) — также параллельные машины с общим управлением, причем обе они относятся к классу суперЭВМ для своего времени. Сравнивая архитектуры этих трех машин, видим, что ЭВМ М-10 имеет общую оперативную (и в целом внутреннюю) память, тогда как оперативная память данных ЭВМ ILLIAC IV разделена как индивидуальная по ее процессорным элементам. Только в ЭВМ BSP появляется общая оперативная память.

Наконец, обычно полагается, что впервые среди зарубежных фирм длинные слова были реализованы в машинах фирмой FPS. Фирма была создана в 1970 г., в 1971 г. она начала выпускать машины как вставки в другие машины, а первая ее машина FPS AP-120B начала поставляться в 1976 году. Однако FPS AP-120B не является ЭВМ в полном смысле этого слова, это — матричный присоединяемый процессор, основанный на принципе горизонтального микропрограммного управления устройствами процессора, тогда как М-10 — это ЭВМ с программным управлением и длинными командами. При этом с уровня команд осуществляется управление не только двумя независимыми АУ, но и рядом других устройств ЭВМ М-10.

Анализ архитектуры ЭВМ М-13

Государственные испытания ЭВМ М-13 были завершены в начале 1991 г. Эта машина — преемник ЭВМ М-10. В общих чертах, переход от архитектуры ЭВМ М-10 к архитектуре ЭВМ М-13 состоит в том, что был исключен параллелизм на уровне команд и при этом, дополнительно к распараллеливанию, была введена конвейеризация на уровне данных. В ЭВМ М-13 имеется одно векторное АУ с конвейеризованными взаимно параллельными перестраиваемыми устройствами обработки, причем конвейеры — короткие. Эта машина является первой отечественной векторно-конвейерной ЭВМ (как только отечественная элементная

база позволила ввести конвейеризацию, это в возможно короткие сроки было реализовано).

Таким образом, архитектура обеспечивает последовательное выполнение векторных параллельно-конвейерных операций. Собственно АУ выполняет одну за другой векторные операции. Такая операция рас-параллеливается по устройствам АУ, т. е. каждое устройство выполняет в данный момент одну и ту же операцию, но над различными операндами. При этом выполнение операций конвейеризовано.

Ограничимся здесь приведенным кратким анализом.

Заключение

ЭВМ М-10 и М-13 обладают эффективными векторными архитектурами. В первой из указанных машин реализовано параллельное выполнение векторно-параллельных операций, а во второй машине — последовательное выполнение векторных параллельно-конвейерных операций. Обе оригинальные архитектуры определяют свои собственные классы в логически полном наборе архитектур.

*Опубликовано:
Вопросы радиоэлектроники.
Серия ЭВТ. 1993. Вып. 2*

6.7. Компьютерный гений, взрывающий время

Дорфман В. Ф., д. т. н.

Талант — это дар, способный подняться выше ограниченности своего окружения.

Гений — это дар, взрывающий ограниченность своего времени.



Вениамин Фриделевич
Дорфман

Его имя мало кому известно, но по глубине проникновения проектов в будущее он не уступит Циолковскому, а по практической реализации этих проектов — Королеву или Туполеву. Он опережал свое время на полвека в той области, которая развивается во много раз быстрее любой другой, сейчас или когда-либо за всю историю цивилизации. Лишь немногие были способны осознать многопроцессорную идею, но зато многие воспринимали ее как абсурд, как если бы кто-то предложил создать 512-ного человека. Однако Карцев реализовал ее и создал свой сверхкомпьютер примерно за

7–8 лет. Его машина играла центральную роль при решении стратегических задач, прежде всего «глобальной обороны», т. е. одновременного нападения и защиты в условиях, когда множество ракет несут ядерные заряды во встречных направлениях (воистину глобальная разрядка).

Кроме того, это были и мирные задачи прогнозирования, например, погоды. По своему системному решению его машина, вероятно, была самым блистательным достижением того времени. И это в стране, которая технологически уже сильно отставала от лидеров по ту сторону «железного занавеса».

История компьютеров повторена на разные голоса бесчисленными статьями и книгами. В книжных историях главное место, не без оснований, занимает технология. Но если технология — это мать компьютерной популяции, ее праотец — это реальный человек. По мере того как дети этого смешанного брака выросли, их праотец понемногу таял в тумане прошлого, а мать, непрерывно омолаживаясь, лишь набирала силу. Теперь

это могучее потомство плодится почти без оплодотворения, от одной технологии. Но сначала здесь царил нераздельный патриархат. Отцы были в расцвете сил, и у каждого из них были свои компьютерные дети.

Карцев впервые появился в бруковском оазисе, когда И. С. Брук создавал один из первых компьютеров Атлантиды М-1 («Атлантидой» автор именует Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ). – *Примеч. ред.*). Непосредственным руководителем работ был Николай Яковлевич Матюхин, любимый ученик Брука, вскоре после того возглавивший свой собственный коллектив, размерами далеко превосходивший бруковский. Машины строились медленно, лучшие ученики Брука росли быстро. Следующую машину Брука – ЭВМ М-2 – создавал уже **Михаил Александрович Карцев**. М-2 был замечательным компьютером, который служил еще долгие годы, и мне довелось его оценить, когда я стал развивать свой математический аппарат теории роста. Параллельные цепи из сотен нелинейных кинетических уравнений требовали от машины максимум ее ресурсов, и она работала ночи напролет без сбоя. Ночи, потому что дневное время нам было недоступно. (Собственно, я получал уже готовые таблицы и графики; машину программировала и ночами сидела у пульта Рита Галина, талантливая и необыкновенно скромная.)

Первая транзисторная машина Брука М-4 и серия этих машин М-4М, М4-2М и М4-3М создавались главным конструктором М. А. Карцевым по заказам Министерства обороны.

Следующая транзисторная машина, созданная под общим руководством Брука, М-5, концентрировала идеи наиболее ярких разработчиков Института, прежде всего самого Брука и Карцева. Опираясь еще на элементную базу второго поколения, М-5 предвосхищала своим общим замыслом многие принципы построения компьютеров не только третьего, но и четвертого поколений. Но технологической опоры в серийном производстве этот замечательный компьютер не нашел. Идея может совершить скачок через одно поколение элементной базы, но обрекает себя на чисто экспериментальную реализацию. Скачок через два поколения элементов вообще невозможен. И если машина М-5 была все-таки создана, пусть в единственном экземпляре, то в этом заслуга гения Карцева, предложенной им новой архитектуры машины. Все машины до М-5 требовали детальных измерений каждой лампы или транзистора и их последовательного согласования. Сборка каждой машины была равносильна большому исследовательскому проекту. Карцев спроектировал машину из модулей, не требующих взаимного согласования. Фактически, он подошел к дизайну так, как если бы новый компьютер монтировался из интегральных схем, тогда еще фактически не существовавших.

Карцев был Моцартом компьютерного проектирования; он находил путь решения проблемы в тот момент, когда эта проблема впервые ясно обозначалась, будь то отдельный клапан или полная структура гигантской машины.

При своем техническом «монотеизме», при почти невероятной концентрации на главной, всегда единственной проблеме, он вовсе не был «узким». Он видел многое в Институте, не исключая и меня, хотя я был тогда еще очень молод и полностью поглощен своим делом. Виду он не показывал, а узнал я об этом лишь многие годы спустя. Оказалось даже, что эта его невидимая для меня поддержка оказалась когда-то решающей в победе моей работы на конкурсе молодых специалистов.

Но я никогда не работал под его началом, да и не смог бы, потому как, легко подчиняясь формальным требованиям, никогда не умел подчиняться в существе. В действительности, многие не могли работать с Карцевым, хоть и по разным причинам. И. Л., один из лучших выпускников знаменитого Физтеха, признался однажды, что Карцев невольно подавляет его инициативу: когда И. Л., не находя подхода к стоявшей проблеме, обращался к нему за советом, тот немедленно предлагал два-три готовых решения.

М-5 была последней и заранее обреченной попыткой Брука направить ведущие оригинальные разработки компьютеров Атлантиды в мирное русло. После известной отрицательной оценки направления работ Брука одним из высших государственных сановников Карцев не мог ждать поддержки своих величественных замыслов от «гражданских». Зато военные вполне оценили эти замыслы и поддержали их. Отделение Карцева стало строго секретным. Оно заняло целиком третий этаж, и у дверей этого этажа, на лестничных площадках прежде такого открытого института встала вооруженная охрана. По мере того как работа продвигалась, отделению становилось тесно не только на своем этаже, но и в институте. Шла подготовка нового большого здания для самостоятельного института Карцева, но уход его отделения стал настоящей драмой в жизни института Брука. Мало кто из тех, кому Карцев предложил работу, устоял. Институт лишился своих лучших специалистов.

Карцев не снижал темпов разработок даже во время переезда. По природе своей главный конструктор, человек, рожденный создавать сложные технические системы, он ясно видел свое будущее детище уже с момента его зачатия. В отличие от большинства «главных», он не только направлял движение множества людей к цели, но и сам прокладывал путь, владея техникой восхождения лучше любого из сотен своих

сотрудников. В принципе ему были нужны только математики и программисты, все железо он мог бы разработать сам; но в масштабах его замыслов каждый проект при таком единоличном исполнении занял бы столетия. Хотя лишних людей он не держал и не терпел, его коллектив был велик пропорционально проектам. Если сравнивать научно-технический коллектив с оркестром, Карцев был жестким дирижером. Он не карал, но требовал, и если задание не выполнялось, он освобождал задание от исполнителя.

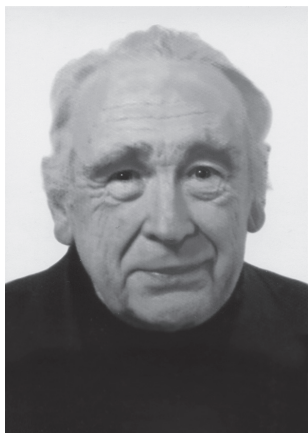
Сам он не отдыхал. Создание супермашин было единственным смыслом его жизни. Он доводил почти до совершенства каждый свой проект, в то время как новый замысел рождался уже в недрах предыдущего.

Карцев был, безусловно, самой одаренной и озаренной фигурой среди советских разработчиков компьютеров, и на мировом уровне он бы вошел в тройку самых блистательных компьютерных дизайнеров 1960–1970-х гг. Почему же имя его так и осталось почти неизвестным? Конечно, его работы были строго засекречены: для воплощения его замыслов нужны были большие средства, а ими владели почти исключительно военные. Но главный ответ может показаться парадоксальным: имя Карцева осталось в глубокой тени потому, что его талант был слишком ярок и необычен. И не просто талант. Талант ярко воплощает свое время, а гений взрывает его. Если Брук видел сквозь время, Карцев прорубал в нем туннели. Его победы были целиком основаны на гениальных скачках через годы и десятилетия. Такие лидеры редки, и действительных преемников у них почти никогда не бывает.

*Из книги В. Дорфмана
«Воспоминания об Атлантиде:
[правда о стране, о которой никогда
и нигде не было принято говорить правду]».
New York: Hudson books, cop. 2005*

6.8. Профессор М. А. Карцев

*Филинов Е. Н., к. т. н.,
заместитель директора ИНЭУМ*



Евгений Николаевич
Филинов

Коллектив, возглавляемый М. А. Карцевым, работал над созданием суперкомпьютеров одновременно с ИТМ и ВТ. Этот коллектив решал проблемы создания мощных вычислительных средств для обработки больших потоков радиолокационной информации. С этими проблемами в 1960-х гг. столкнулись разработчики систем наблюдения за искусственными спутниками Земли с помощью радиолокационных станций, возглавляемые академиком А. Л. Минцем. Существовавшие в то время вычислительные средства обеспечивали производительность на 2–3 порядка меньшую, чем требовалось для этих задач. В связи с этими требованиями М. А. Карцев предложил

дерзкий по тем временам проект вычислительной системы М-9.

Докладывая о проекте М-9 в 1967 г. на симпозиуме по вычислительным системам и средам в Новосибирске, М. А. Карцев в шутливой форме объяснил, что «машина М-220 так называется потому, что имеет производительность 220 тысяч операций в секунду, а М-9 названа так потому, что должна иметь производительность 10 в девятой степени операций в секунду».

М. А. Карцев предложил структуру системы, состоящую из нескольких крупных блоков, объединенных мощными магистральными связями. Эти блоки он называл «связками». Основную вычислительную мощность системы должна была обеспечить «функциональная связка», представляющая собой матрицу из 32×32 элементарных вычислителя. На этой матрице с общим потоком команд (SIMD) должны были выполняться операции над новым классом операндов: не над числами, а над функциями одной или двух переменных, определенных в дискретных точках. Каждый элементарный процессор связки выполнял арифметические операции над 16-разрядными операндами. Каждая горизонтальная линия из 32 процессоров имела дополнительно «общие

арифметические цепи», так что за один такт выполнялись операции типа «сумма парных произведений» (скалярное произведение векторов из 32 компонент). При умножении двух матриц за один такт работы этой вычислительной решетки можно было получить сразу 32 элемента результирующей матрицы. «Общие результирующие цепи» производили суммирование с накоплением результата, что позволяло обрабатывать векторы большей длины, чем 32 компонента. На связку элементарных процессоров могла накладываться «маска» в виде матрицы булевских переменных, которая разрешала выполнение операций только тем элементарным процессорам, которые в маске отмечались единицами. Работу с матрицами булевских переменных выполняло специальное матричное устройство — «картинная арифметика» из 32×32 элементарных логических вычислителя. Картины могли не только преобразовываться в этом устройстве, но и сдвигаться по осям координат. Массивы булевских переменных на «картине» могли расширяться и сужаться. Прямая связь между «функциональной» матрицей и «картинной» давала новые возможности управления вычислительным процессом.

«Числовая» связка в проекте М-9 предназначалась для реализации алгоритмов с меньшим параллелизмом. Она представляла собой линию элементарных вычислителей, обрабатывающих одновременно по одному коду операций 1 (2, 4, 8) пар операндов длиной 128 (64, 32, 16) разрядов, в том числе операции с плавающей точкой над этими операндами.

Векторные операции числовой связки дополнялись «картинной арифметикой» в виде одной строки вычислителей булевских переменных — «арифметики признаков».

В составе М-9 была предусмотрена «ассоциативная связка», представляющая собой линию элементарных вычислителей, выполнявших операции сравнения («больше», «меньше», «равно», «больше или равно» и т. д.), а также узел обработки результирующих булевских переменных и маскирование этих элементарных вычислителей. «Ассоциативная связка» обеспечивала работу с большими массивами информации с сортировкой ее на подмассивы по содержанию. Каждая операция при этом определяла не одно число, а вектор, каждая из компонент которого связывалась с одной из характеристик объекта, описываемого этим вектором.

Проект М-9, богатый новыми в то время идеями, не был реализован по ряду причин, организационных и технических (слабость элементной базы и технологии). Числовая связка проекта М-9 была разработана в 1967–1970 гг. и с 1974 г. выпускалась серийно под названием М-10.

Концепция векторной параллельной (SIMD) машины М-10 была опубликована в трудах Конгресса IFIP 1971 г.

М-10 имела два арифметических устройства, одновременно выполнявших одинаковые или различные операции. Они задавались длинной командой с двумя кодами операций (по одному для каждого арифметического устройства). Машина выполняла векторные операции параллельно над компонентами вектора той или иной длины. Допускалось распараллеливание и на уровне слов. Длинное командное слово сочеталось в архитектуре М-10 с сокращенным набором команд. Большинство операций выполнялось за один такт работы машины, при этом широко использовалась регистровая поддержка. Как видно, архитектура RISC машины была предложена М. А. Карцевым еще в конце 1960-х гг. Комплексирование нескольких машин М-10 предусматривало распараллеливание на уровне программ.

Таким образом, концепция полностью параллельной вычислительной системы (с распараллеливанием на уровнях программ, команд, данных и слов) была предложена и реализована М. А. Карцевым в начале 1970-х гг.

Во второй половине 1970-х гг. М. А. Карцев начал разработку новой векторной машины М-13 для обработки больших массивов и потоков информации в реальном времени. Серийный выпуск М-13 начался в 1986 г., уже после того, как М. А. Карцева не стало. Переход от архитектуры М-10 к архитектуре М-13 состоял в том, что был исключен параллелизм на уровне команд, но при этом, дополнительно к распараллеливанию, была введена конвейеризация на уровне данных. Таким образом, архитектура М-13 предусматривала последовательное выполнение векторных параллельно-конвейерных операций.

Опубликовано:

*Труды международной конфедерации
«Открытые системы — путь к новому миру»,*

17–20 апреля 1995 г., Москва

Подготовлено для настоящего сборника

6.9. Survey & Tutorial Series High-Speed Computers of the Soviet Union

*Peter Wokott,
Seymour E. Goodman,
University of Arizona*

М-10 Текст оригинала	М-10 Перевод
As Buriscv developed the El'brus machines, M. A. Kartscv, another engineer with many years of experience with highspeed computers, developed the M-10, a 32-bit synchronous multiprocessor system that was apparently operational in 1979. It has eight 16-bit processors that together can process data at a reported rate of 5 MIPS. Although Kartsev had ties with the academy, he was most closely associated with the militaryindustrial sector. The M-10 is distinguished by its ability to conveniently parallelprocess data of different formats, dynamically changing the clustering of processors to match the format of the data at hand. Data can be fetched from memory in units of between two and 64 bytes, and the eight 16-bit processors can execute identical instructions on two 64-bit, four 32-bit, or eight 16-bit numbers. A few M10s are used to model seismic activity and plasma behavior, but the project's status is uncertain.	В то время как Бурцев создавал вычислительные системы семейства «Эльбрус», М. А. Карцев, также имевший многолетний опыт разработки высокопроизводительных ЭВМ, занимался созданием машины М-10 – 32-разрядной синхронной многопроцессорной системы, начало эксплуатации которой приходится на 1979 г. Входящие в ее состав 8 16-разрядных процессоров способны обеспечивать скорость обработки данных, равную 5 млн оп/с. Несмотря на то что Карцев имел определенные связи с АН СССР, наиболее тесные контакты он поддерживал с военно-промышленным комплексом. ЭВМ М10 выгодно отличается своей способностью осуществлять параллельную обработку данных различных форматов за счет динамической реконфигурации процессорного комплекса, которая имеет своей целью приведение системы в соответствие с требованиями, предъявляемыми форматом тех данных, которые обрабатываются в данный момент времени. Данные могут передаваться из памяти блоками размером от 2 до 64 байтов, и 8 16-разрядных процессоров способны выполнять идентичные операции с двумя 64-разрядными, четырьмя 32-разрядными или восемью 16-разрядными числами. В настоящее время в эксплуатации находятся несколько ЭВМ М-10, которые используются для моделирования сейсмической активности и процессов, протекающих в плазме, однако современное состояние самого проекта является достаточно неопределенным. Карцев умер

М-10 Текст оригинала	М-10 Перевод
Kartsev died in 1983 without a clear successor to carry on his work. Little evidence exists of continuing production or research on the machine.	в 1983 году, не оставив после себя достойного преемника, способного продолжить его работу. Сейчас мы не располагаем достоверными свидетельствами продолжения производства или исследовательских работ по этой машине.

Опубликовано:
Communications of the ACM 9САСМ, Volume 36,
 Number 10, October 1993
 Peter Wolcott, Seymour E. Goodman:
*Under the Stress of Reform: High Performance
 Computing in the Former Soviet Union.* 25–29

6.10. М.А. Карцев – выдающийся конструктор отечественных ЭВМ и ВК

*Смолевицкая М.Э., старший научный сотрудник
Политехнического музея*

Крупный ученый в области энергетики, член-корреспондент АН СССР, автор создания ряда аналоговых устройств для решения различных задач И. С. Брук 4 декабря 1948 г. получил (в соавторстве с Б. И. Рамевым) первое в СССР Авторское свидетельство на изобретение Автоматической цифровой вычислительной машины.

Постановлением Президиума Академии наук СССР от 22 апреля 1950 г. руководителем лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР им. Г. М. Кржижановского И. С. Бруку поручалась работа по созданию автоматической цифровой вычислительной машины – АЦВМ М-1.

В апреле 1950 г. И. С. Брук принимает на работу в свою лабораторию выпускника РТФ МЭИ Н. Я. Матюхина и поручает ему проектирование арифметического устройства. На полставки инженера был принят на работу по совместительству студент 5-го курса РТФ МЭИ М. А. Карцев, которому Брук поручил проектировать устройство управления машины – главный программный датчик. В сентябре коллектив разработчиков пополнился. Началась разработка остальных узлов машины и их изготовление. К декабрю 1951 г. завершилось изготовление всех узлов машины, их автономная настройка и комплексная стыковка машины в целом. Машина производила решение заданных для контроля задач, обеспечивая надежное выполнение арифметических и логических операций. В середине декабря 1951 г. успешно завершились испытания АЦВМ М-1, и директор Энергетического института АН СССР академик Г. М. Кржижановский 15 декабря 1951 г. утвердил отчет «Автоматическая цифровая вычислительная машина М-1».

В Политехническом музее хранится подлинный экземпляр этого отчета.



Марина Эрнестовна
Смолевицкая

АЦВМ М-1 открыла два ярких таланта развития вычислительной техники в нашей стране: Николая Яковлевича Матюхина и Михаила Александровича Карцева.

В 1952–1953 гг. М. А. Карцев уже дипломированным инженером возглавил разработку следующей машины И. С. Брука – ЭВМ М-2. Машина М-2 имела высокое по тем временам быстродействие – 2000 оп/с, емкость памяти – 16 Кбайт, широкий список операций над числами с фиксированной и плавающей запятой, страничную организацию памяти – весьма высокие показатели мирового уровня.

На машине М-2 выполнены расчеты научных задач Института атомной энергии им. Курчатова, Института теоретической и экспериментальной физики, Института механики АН СССР, нескольких лабораторий ЭНИН АН СССР и др. Научная сторона этого периода жизни Карцева отразилась в первой его книге «Арифметические устройства электронных цифровых машин» (Физматгиз, 1958 г.) – одной из первых публикаций в стране по вычислительной технике. Эти же материалы легли в основу кандидатской диссертации Карцева.

В 1958 г. в Институте электронных управляющих машин (ИНЭУМ АН СССР), возглавляемом И. С. Бруком, М. А. Карцев возглавил разработку транзисторной управляющей машины – ЭВМ М-4. В 1960 г. Загорский электромеханический завод изготовил две машины М-4, предназначенные для управления и обработки информации радиолокационных станций контроля космического пространства.

Для продолжения работ по М-4 на объектах эксплуатации в ИНЭУМ в январе 1961 г. была образована под руководством М. А. Карцева специальная лаборатория № 2.

Первый образец управляющей машины (М-4) начал работать совместно с РЛС ЦСОП в 1961 г. и в июле 1962 г. успешно выдержал совместные с РЛС испытания. Второй комплект – М-4М, доукомплектованный устройством первичной обработки информации, в 1963 г. был введен в эксплуатацию совместно с РЛС ЦСС-30, которая предназначалась для использования в качестве лоатора точного измерения координат цели. Производительность ЭВМ М-4 составляла 20 тыс. оп/с.

В этой машине уже прослеживались особенности, связанные с ее назначением и являющиеся в то же время новшествами в вычислительной технике: аппаратная реализация некоторых сложных операций, внутренняя постоянная память для хранения программ и констант, функциональное распараллеливание вычислений.

В коллекции ЭЦВМ Политехнического музея хранится куб оперативной памяти ЭВМ М-4.

Предполагалось запустить эту машину в серию, однако к этому времени у Карцева появились новые идеи, а технические средства сильно шагнули вперед. Была разработана новая машина М4-2М того же назначения на новых более совершенных транзисторах и диодах, которая сразу же была запущена в производство без какого-либо макетирования и экспериментальных образцов.

В сентябре 1963 г. на Загорский электромеханический завод был направлен полный комплект конструкторской документации на новую машину, а ровно через год, в сентябре 1964 г., ЗЭМЗ поставил под комплексную настройку первый комплект этой машины, который через два месяца успешно выдержал испытания представительства заказчика. К концу года на объекты эксплуатации было поставлено шесть комплектов этих машин для построения вычислительных комплексов, обеспечивающих непрерывную круглосуточную работу в режиме реального времени.

ЭВМ М4-2М имела быстродействие 220 тыс. оп/с, емкость оперативной памяти 128 Кбайт, емкость внутренней постоянной памяти 128 Кбайт, развитую систему прерываний (28 каналов), высокую скорость реакции на внешние сигналы. Новации, заложенные Карцевым в машинах от М-4, М-4М, М4-2М, М4-3М и вычислительных комплексов, построенных на их основе, стали основой его докторской диссертации (1965 г.).

В эти же годы он завершил свою вторую книгу «Арифметика цифровых машин» (Наука, 1969 г.), которая является развитием его первой книги.

В январе 1965 г. на базе спецлаборатории № 2 под руководством М. А. Карцева был образован отдел специальных разработок (ОСР), в состав которого вошло пять лабораторий.

В середине 1960-х гг. М. А. Карцев приступил к теоретическим исследованиям, направленным на повышение быстродействия, надежности и технологичности изготовления средств вычислительных комплексов. Был разработан эскизный проект многомашинного вычислительного комплекса М-9 с многопроцессорными ЭВМ, который путем распараллеливания операций при решении задач обеспечивал суммарную производительность до 1 млрд оп/с.

Оценивая важность этих работ для Министерства радиопромышленности, постановлением правительства от 3 мая 1967 г. ОСР ИНЭУ-Ма передавался в МРП, где в дальнейшем получил статус Научно-исследовательского института вычислительных комплексов (НИИВК). М. А. Карцев назначался директором этого института.

В 1969 г. Карцев получил задание на разработку вычислительной машины М-10. В основу ее проектирования была положена архитектура одной из составных частей ВК М-9 — числовая связка.

М-10 — многопроцессорная векторно-параллельная вычислительная машина. Серийный выпуск машины М-10 начался в 1974 г. [2]. Государственные испытания в составе крупной системы завершились в 1976 г.

Основные технические характеристики М-10:

среднее быстродействие — 5,1 млн оп/с;

общий объем внутренней памяти — 5 Мбайт;

емкость буферной памяти мультимплексного канала — 64 Кбайт;

система прерывания программ — 72-канальная, с пятью уровнями приоритетов.

Появившиеся к 1975 г. интегральные схемы памяти и миниатюрные микросердечники позволили в 1976 г. провести модернизацию М-10, заменив все устройства внутренней памяти. В новой комплектации машины с обозначением ЭВМ М-10М объем оборудования сократился вдвое. Обе машины были аппаратно и программно совместимы и полностью взаимозаменяемы. На базе М-10 и М-10М создано семь типов вычислительных комплексов повышенной надежности, опробована созданная в институте система оптоэлектронного межмашинного обмена.

В коллекции ЭЦВМ Политехнического музея имеется ряд узлов ЭВМ М-10 и М-10М: типовой логический блок, блок оперативной памяти М-10 на ферритовых сердечниках, блок постоянной памяти конденсаторного типа на металлических перфокартах, блок постоянной памяти М-10М на магнитных сердечниках с диаметрными отверстиями и др.

Во второй половине 1970-х гг. М. А. Карцев начинает разработку новой векторно-конвейерной ЭВМ М-13 для обработки больших массивов и потоков информации в реальном времени. Впервые в отечественной практике в структуру этой машины вводился мощный процессор сигнальной обработки (до 2 млрд оп/с). Разработка машины была завершена в 1981 г.

Серийное производство на Загорском электромеханическом заводе началось в 1984 г. Первая серия из 6 машин М-13 в 1988 г. была поставлена на объект заказчика для построения вычислительного комплекса управления работой РЛС «Дарьял-У» и обработки ее информации в реальном времени. В 1991 г. этот вычислительный комплекс в составе РЛС «Дарьял-У» успешно выдержал совместные испытания.

В 1995 г. вместе с рядом других разработок НИИВК было передано в Политехнический музей устройство абонентского сопряжения (УАС)

ЭВМ М-13 [4, 5, 6]. В музейной экспозиции оно демонстрируется совместно с ЭВМ М-13 (макет М 1:88) и высокопотенциальной радиолокационной станцией «Дарьял-У» (макет М 1:1000), которая предназначена для круглосуточного слежения за космическим пространством.

УАС — это единственное устройство подобного назначения в коллекции ЭЦВМ музея, документирующее решение проблемы обмена информацией между объектом военного назначения («Дарьял-У») и ЭВМ М-13. Согласно методике ранжирования УАС ЭВМ М-13 можно отнести к памятникам науки и техники I ранга.

Первые устройства, сходные по своему назначению с УАС, применялись еще в ЭВМ М-4. В нее, помимо обычных устройств, были включены и два специализированных устройства — устройство сопряжения с аппаратурой радиолокационной станции (РЛС) и устройство отображения информации. Устройство сопряжения с аппаратурой РЛС получало аналоговый сигнал от РЛС. При использовании УАС ЭВМ М-13 сигнал от РЛС приходил уже в цифровой форме.

Чем дальше уходит время, тем все более понятно, что М. А. Карцеву удалось благодаря своему таланту и титанической работе получить уникальные научные и практические результаты, связанные с созданием отечественных ЭВМ. Вершиной его деятельности была разработка принципов построения векторных многопроцессорных суперЭВМ.

На основе этих принципов и были реализованы серийно выпускаемые вычислительные комплексы. Имея маленький коллектив единомышленников, пользуясь минимальной финансовой поддержкой, он сумел внести решающий вклад в разработку и создание вычислительных средств для крупнейшей системы стратегического назначения.

Литература

1. Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1993. Вып. 2. 90 с. (ПМ 265554/3).
2. Рогачев Ю. В. Вычислительная техника от М-1 до М-13 (1950–1990). М.: НИИВК, 1998. 102 с., ил. (НВФ 035143).
3. Малиновский Б. И. История вычислительной техники в лицах. Киев: КИТ: АСК, 1995. С. 212–232.
4. Устройства абонентского сопряжения ЭВМ М-13: техн. описание. М.: НИИВК им. М. А. Карцева. 13 с. (НВФ 035189).
5. Байков С. М., Кислинский В. А., Латышов А. А. Подсистема ввода-вывода ЭВМ М-13 // Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1990. Вып. 10. С. 21–25.
6. Бочин Б. И., Латышов А. А., Мельник Ю. Н. Три аспекта развития подсистемы ввода-вывода // Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1990. Вып. 10. С. 70–73.

7. Рубежи обороны — в космосе и на земле. Очерки истории ракетно-космической обороны / авт.-сост. Н. Г. Завалий. М.: Вече, 2003. 752 с., ил.
8. Мухтарулин В. С., Рогачев Ю. В. От первых ЭВМ до суперкомпьютеров // PCWeek/RE. 2003. № 15. С. 34.
9. Рогачев Ю. В., Смолевицкая М. Э. Михаил Александрович Карцев — выдающийся конструктор отечественных вычислительных комплексов // История науки и техники. 2003. № 4. С. 2—8.

6.11. Первый опыт дистанционного управления работой ЭВМ

(Историческая справка)

На первой промышленной выставке, приуроченной к очередному XX съезду КПСС, на ВДНХ был выставлен выносной пульт ЭВМ М-2, связанный телефонной линией с машиной, расположенной на Ленинском проспекте. Машина решала задачи, задаваемые с этого пульта, и выдавала распечатки результатов решения на рулонный телетайп. Когда начинался сеанс работы с машиной, посетители павильона ВДНХ, где демонстрировались достижения Академии наук СССР, собирались со всего зала и с интересом наблюдали за распечаткой результатов счета. Это был первый опыт дистанционного управления работой ЭВМ. Демонстрация результатов работы ЭВМ М-2 широким массам посетителей ВДНХ вызвала интерес и у журналистов средств периодической печати.

Вот как описывалась в то время работа машины М-2 в очерке Георгия Блока «Электронные математики», опубликованном в журнале «Юность» (рис. 6.15).

Георгий Блок

«...Работает “М-2”»

Утром, днем ли, в часы обеда, вечером, за полночь или на рассвете, когда бы вы ни переступили порог лаборатории Энергетического института Академии наук СССР, руководимой членом-корреспондентом академии Исааком Семеновичем Бруком, вас встретит ровный, никогда не умолкающий гул.

Это работает «М-2», вторая модель созданной здесь электронной машины (об этом и говорит цифра «2» в ее наименовании). Машина действует совершенно беззвучно, шум полета электронов не улавливается человеческим ухом. Гудит пробегающий внутри нее холодный воздух, вгоняемый мощным компрессором. Ветер обвеивает «вечно» мерцающие электронные лампы, «разгоряченные» вычислениями, охлаждает их. Иначе они перегреются и выйдут из строя.

Машина трудится бесперебойно, круглые сутки, она не ведает отдыха. Правда, ежедневно, не выключая, ее осматривают, проверяют все узлы, дают контрольную задачу, чтобы узнать, не появились ли признаки переутомления, не сбивается ли она со счета, не устала ли «дама с харак-

тером», как в шутку окрестили ее в лаборатории. На языке техники это звучит весьма прозаически: «профилактика».

Чуть справа, около аппарата, который пробивает пять дорожек круглых дырочек на бумажной ленте условного кода, понятного машине, сидят двое — молодой человек и девушка, совсем юная. Они перебрасываются телеграфно короткими фразами, советуются. Их задача: перевести на язык машины программу ее действий. Они сосредоточены, и, когда бегло взглянули на меня, я не мог уверенно сказать, что они меня видят.

Слева — прямоугольное возвышение, похожее на театральные подмостки: под ним спрятан компрессор. А наверху живет главное действующее лицо лаборатории — «М-2».

Мне говорили, что электронная машина — громадное сооружение, что ей нужны сотни квадратных метров. А эта расположилась на скромной площади метров в двадцать. Я подумал, что здесь, вероятно, только часть установки, а остальное оборудование смонтировано в соседних комнатах.

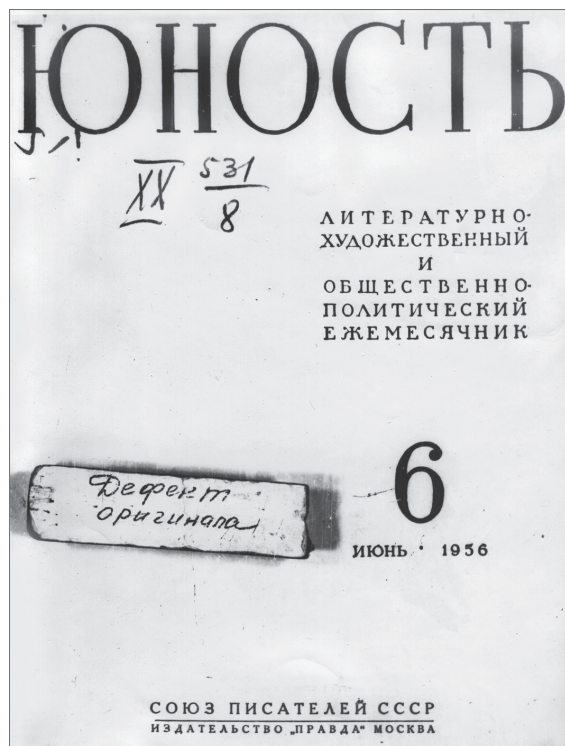


Рис. 6.15. Обложка журнала «Юность»

Руководитель лаборатории отрицательно качает головой: тут все. И, заметив мое разочарование, добавляет:

— Достоинство не всегда определяется размерами, хотя они подчас и производят сильное впечатление на зрителя. Большое — не значит самое лучшее. Старинная народная поговорка гласит: мал золотник, да дорог!

Громадные габариты первых образцов электронных машин находились в прямой зависимости от численности электронных ламп: количество их превышало десять тысяч. А лампы требуют простора, их надо вставить в гнезда, собрать в секции, соединить проводами. Вот и набегали масштабы.

«М-2» занимает сравнительно мало места потому, что подавляющее большинство ламп из нее изгнано, такая же судьба ожидает и те, что еще остались. Это временные жильцы, на смену идут полупроводниковые блочки. Один блочек — его легко уложить на ладонь — исполняет обязанность двадцати пяти ламп (рис. 6.16).

Может быть, это повредило машине? Наоборот, принесло пользу, и изрядную. Полупроводники значительно уменьшили габариты «М-2», в несколько раз снизили потребляемую ею электрическую энергию и — самое важное! — повысили надежность в работе. Лампы часто портятся, «вылетают», с ними держи ухо востро; полупроводники практически почти неизносимы.



Рис. 6.16. Субблок сумматора

Нелегко и не сразу далось это коренное переустройство. Убедительно свидетельствует об этом первая, экспериментальная модель. Она приютилась в углу, словно наглядно иллюстрируя недавнее прошлое электронной машины. У нее, например, малая скорость, небольшая вместимость «памяти». Однако «М-1» не заброшена, хотя вид у нее неказистый, к ее услугам иногда прибегают: то надо проверить какой-нибудь узел, то примерить существенно обновленное приспособление.

Немногословно рассказывали мне, как рождалась, совершенствовалась «М-2». Немногословие вовсе не показатель угрюмого, неразговорчивого нрава сотрудников лаборатории. Видимо, сказывается влияние машины: она любительница лаконичности, деловой краткости, и эта черта передалась людям. Или, что вернее, они просто заняты, поглощены делом. Именно к такому выводу приходишь, когда наблюдаешь за ними в работе.

Становится понятным, сколько труда, творческого горения мысли вложили они в машину «с высшим образованием» — И. С. Брук и молодые инженеры Михаил Карцев, Юрий Лавренюк, Тамара Александриди, Георгий Танетов, Леонард Легезо, Владимир Князев, Анатолий Шуров.

Почти вся молодежь пришла в лабораторию со студенческой скамьи, многие тут же задумывали, готовили дипломные проекты и с успехом их защищали. Активно, изобретательно, с душой, работая и участь, они выпестовали малогабаритную быстродействующую вычислительную машину.

Лаборатория стала их родным домом, они росли и мужали вместе с машиной, совершенствуя ее конструкцию, они совершенствовали свои знания, опыт, умение. Это — их любимое «разумное» детище. Вот почему, когда у нее «дурное настроение», когда она капризничает, остерегайтесь обращаться к инженерам и операторам с вопросами: рассеянно улыбнувшись, они выразительно промолчат в ответ: дескать, не время, зовет машина.

Давайте осмотрим «М-2», познакомимся с ее наружностью. Со стороны застекленного фасада она напоминает две вытянутые в высоту витрины. Необычайные витрины! Сверху донизу они усеяны мерцающими розовым светом электронными лампами, словно выставились на парад батальоны светляков. Их множество — не перечесть!

Перед фасадом примостились вводные устройства. Главное — фотоэлемент, нечто вроде недреманного ока машины. Он читает программу действий, записанную на перфорированной ленте, то есть на ленте с аккуратно пробитыми в ней дырочками. Читает он очень бегло, со ско-

ростью метра в секунду. В столь короткий срок он передает машине до полутора тысяч цифр. Лента, сбежав с катушки и промелькнув мимо светового зайчика, накручивается на вторую катушку по другую сторону прибора.

Ну а если допущена неточность? Она исправима? Да, это делает второе устройство, клавишное, с его помощью вносятся поправки в исходные данные.

На вводном устройстве заканчивается подготовительный этап: программа составлена и вручена адресату. Вначале математики — они сидят в тихой комнате — превращают задачу в таблицы команд. Пробивание отверстий на узкой ленте — это, если можно так выразиться, ясный перевод задания на язык машины, точный подстрочник. Световой луч, проскользнув сквозь отверстия, попадает в фотоэлемент, где преобразуется в каскад подчиненных строгому ритму электрических импульсов. Эти сигналы мгновенно подхватывает и хранит «память» машины. Управляющее устройство найдет их там и в нужном порядке передаст арифметическому узлу, заставит его действовать.

В арифметическом узле, как явствует из его названия, производятся все четыре действия: сложение, вычитание, умножение, деление — и некоторые вспомогательные операции. Полученные машиной приказы предусматривают порядок, в каком должны происходить вычисления, сообщают адреса ячеек, куда следует перенести на временное хранение результаты подсчетов.

Медлительность первого этапа с лихвой вознаграждается машиной. Покорные, стремительные электроны за пять минут делают столько же, сколько вычислитель с арифмометром в руках не всегда сделает за год, добросовестно работая ежедневно по восемь часов!..

Тут же расположена панель пульта управления, тоже сверкающая рядами трепещущих светячков — неоновых лампочек. Они неустанно мигают, огоньки вспыхивают, перелетают, гаснут. Дежурный оператор изредка прикасается рукой к той или другой кнопке.

А рядом, из выходного устройства — телеграфного телетайпа, похожего на обычную пишущую машинку, — ползет вверх белый лист, испещренный колонками чисел. Это машина выдает готовое решение задачи. Она «вежливо вручает» полученные результаты автомату. Под ударами невидимых пальцев подсказывают металлические молоточки с цифрами, и строчка за строчкой появляются числа на белом широком листе...

6.12. СуперЭВМ М. А. Карцева

*Дубова Н. А.,
«Открытые системы»*



Наталья Аркадиевна
Дубова

В 1999–2000 гг. истории отечественной вычислительной техники уделило серьезное внимание издательство «Открытые системы», опубликовав ряд статей в журнале «Открытые системы» и еженедельнике «Computerworld Россия». Среди них были и статьи, посвященные Михаилу Александровичу Карцеву и разработанным его коллективом суперЭВМ (если под этим понимать ЭВМ с рекордно высокими для своего времени характеристиками) и вычислительным комплексам на их основе. Подготовлены статьи были Натальей Аркадиевной Дубовой, научным редактором журнала «Открытые системы».

Секретные машины

В 1960 году об ЭВМ М-4 для радиолокационных станций не писали.

Михаил Карцев построил ЭВМ М-4 на принципиально новой элементной базе — полупроводниковых транзисторах.

Наталья Дубова



В 1960 г. об этих машинах не писали. Строгой секретностью были окружены все исследования и разработки, непосредственно связанные с решением военных задач. Поэтому широкой аудитории сведения о специализированных машинах стали известны только в 1990-е. А в 1960-м, когда заработала первая система обработки информации в реальном времени для систем ПРО и были выпущены первые экземпляры ЭВМ М-4 для радиолокационных станций, эти события стали предметом гордости лишь небольшого круга непосредственных участников и заказчиков — военных.

СССР первым реализовал систему безъядерного поражения баллистической ракеты. Вычислительные машины Лебедева и Бурцева играли в первых комплексах ПРО решающую роль.

Тем не менее в 1957 г. в лаборатории Брука (ЛУМС) началась разработка ЭВМ для радиолокационной станции. Как это произошло? Почти случайно, поначалу без ведома партии и правительства. Отдыхая в Кисловодске с директором Радиотехнического института академиком Минцем, Брук настолько заинтересовал его рассказами о работах над первыми ЭВМ, что Минц предложил сделать машину для управления и обработки информации радиолокационной станции «Днепр». РТИ делал первый радиолокатор для системы раннего предупреждения о ракетном нападении. Так же, как и ПРО, система СПРН в Союзе в эти годы только-только начинает создаваться.

Брук согласился, ЛУМС и РТИ совместно подготовили техническое задание на машину, и работа пошла. Впервые, кстати, вычислительная система делалась по ТЗ конкретного заказчика, и это во многом помогло разработчикам — с самого начала они искали оптимальное техническое решение для известных алгоритмов обработки информации. Главным конструктором электронной управляющей машины (ЭУМ) М-4 стал Михаил Александрович Карцев, а его основным помощником — старший конструктор Владалекс Владимирович Бельнский. Для Карцева это был решающий момент в жизни — вся его дальнейшая научная судьба будет связана с вычислительной техникой для СПРН.

Задача управления РЛС предъявляла очень серьезные требования к объемам информации, скорости обработки, емкости памяти, надежности машины. Карцев обладал незаурядным инженерным талантом, разработчики за годы работы с Бруком стали настоящими профессионалами в новой области, и машина получилась удачной и во многом первопроходческой. Впервые внутренняя память была разделена на оперативную память данных и ПЗУ программ и констант. В результате по-

вышалась устойчивость к отказам и сбоям, надежность машины. В М-4 появились спецпроцессоры ввода/вывода, благодаря чему распараллеливались обработка данных и обмен с внешними устройствами, и М-4 работала быстрее. Аппаратно реализовали извлечение квадратного корня — в задачах такого рода эта операция занимает порядка 30 % общего счета.

Но главное, М-4 была одной из первых машин на принципиально новой элементной базе — полупроводниковых транзисторах (кроме памяти, которая по-прежнему реализовывалась на ферритах). Брук обратил внимание на перспективные возможности полупроводниковых элементов еще в самом начале работ над вычислительными машинами, а когда в 1957 г. в стране начался промышленный выпуск транзисторов, в ЛУМС активно занялись изучением их свойств. И пришли к выводу, что на транзисторах удастся построить надежные машины с быстродействием не ниже 10 тыс. оп/с. М4 считала со скоростью 20 тыс. оп/с.

Летом 1960 г. Загорский электромеханический завод выпустил две машины. Их установили в РТИ для настройки, а затем одну отправили непосредственно на объект, где-то неподалеку от озера Балхаш. В самом напряженном режиме создатели машины вместе с разработчиками РЛС «Днепр» доводили до полностью рабочего состояния весь комплекс. Это была хорошая школа для Карцева и его коллег. К создателям «железа» наконец подключились и программисты, которые делали матобеспечение машины и одновременно участвовали в отладке основных эксплуатационных программ РЛС. В 1962 г. объект прошел госиспытания. «С этих успешных испытаний и начался один из героических периодов жизни нашего коллектива», — сказал Карцев на пятидесятилетии НИИ вычислительных комплексов (НИИВК), института, научный костяк которого составила спецлаборатория № 2.

У второго экземпляра М-4 была иная судьба. К тому времени в РТИ сделали модернизированный вариант РЛС «Днепр», и для него решили несколько изменить и управляющую машину. Первый вариант М-4 мог решать задачи станции только в том случае, если вся поступающая с нее информация уже отсортирована. Карцев решил добавить в свою ЭВМ устройство, которое само выполняло бы такую предварительную обработку (так оно и называлось — устройство предварительной обработки, УПО). Участник разработки М-4 Юрий Рогачев, который непосредственно занимался созданием модификации М-4 с УПО (она получила название М-4М), вспоминает, что перед ним встала непростая задача добавить в машину новое устройство, не внося при этом никаких изме-

нений в ее конструкцию. Удалось это благодаря тому, что было найдено оригинальное решение для электронных логических схем на новых, более мощных высокочастотных транзисторах. Возможности работы с ними исследовались еще в ходе разработки М-4, и было даже построено альтернативное арифметическое устройство на более совершенных полупроводниковых элементах.

После испытаний комплекса в Казахстане вышло правительственное постановление о запуске М-4 в серию. Но больше промышленных выпусков этой машины не было. Карцев неожиданно для всех решает, что в будущей территориальной сети СПРН должна работать другая ЭВМ. Об этой истории мы расскажем в следующих выпусках нашей хронологии.

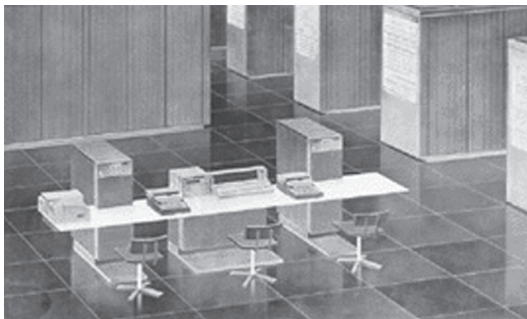
Статья «Секретные машины» ранее опубликована в «Computerworld Россия», № 43, 1999.

Перепечатывается с разрешения издательства «Открытые системы». Права сохранены

Секретный параллелизм

В 1972 г. завершилось создание новой ЭВМ для структуры СПРН.

До начала 80-х М-10 с быстродействием порядка 5 млн операций в секунду превосходила все советские машины.



Наталья Дубова

В СССР оборонные задачи всегда занимали особое место в спектре применений ВТ. Государственная военная машина была самым влиятельным и надежным заказчиком для разработчиков. Исаак Брук, создатель одной из советских школ ЭВМ, в этом отношении повел себя довольно непрактично, уверовав в необходимость развивать ВТ как самостоя-

тельное научное направление, не привязывая его к определенным, в том числе военным, применениям. Его ученик, Михаил Карцев, понимал, что в СССР это мало реально. Интереснейшие машины Карцева до начала 1990-х были засекречены, поскольку на них базировалась советская система слежения за искусственными объектами в околоземном пространстве и раннего предупреждения о ракетном нападении (СПРН). В 1972 г. завершилось создание новой ЭВМ для структуры СПРН, которую разработчики, продолжая бруковские традиции, называли М-10, а заказчик обозначал как 5Э66.

Сложная и разветвленная структура СПРН предъявляла особые требования к мощности вычислительных машин. С середины 1960-х Карцев занят напряженными поисками возможностей повышения производительности ЭВМ. Он приходит к выводу, что при сохранении традиционной структуры быстродействие машины в конце концов достигнет определенного предела, за которым дальнейший рост производительности окажется невозможен. Причина — в ограниченной скорости распространения электрических сигналов, даже при использовании все более совершенной элементной базы. Выход Карцев видел в создании многопроцессорных систем, которые могут параллельно выполнять различные части вычислительных задач. Карцев развил целую теорию параллелизма, показав, что большинство задач, связанных с обработкой массивных потоков информации, допускают распараллеливание в том или ином виде. А ключ к эффективному решению особо крупных задач лежит в создании комбинированных вычислительных комплексов, которые будут сочетать многопроцессорность и объединение нескольких автономных машин в единую систему.

В 1967 г. Карцев предложил смелый проект такого комплекса — М-9.

Система должна была состоять из нескольких крупных блоков-«связок», объединенных мощными магистральными соединениями. Центральная роль предназначалась «функциональной связке» — матрице элементарных вычислителей с общим потоком команд (архитектура класса SIMD), которая должна была выполнять операции не над числами, как в традиционных машинах, а над функциями одного или двух операндов, определенных в дискретных точках. Реализация алгоритмов с меньшим параллелизмом возлагалась на другой, линейный блок элементарных вычислителей — «числовую связку», фактически векторную машину. Еще одна, «ассоциативная связка», предназначалась для выполнения операций сравнения.

Помимо распараллеливания с помощью матричных и векторных процессоров, проект М-9 предусматривал синхронное объединение не-

скольких машин в одну систему. По оценкам разработчиков, реализация всех этих идей должна была обеспечить быстроедействие в миллиард операций в секунду. Доклад о М-9 на симпозиуме Академии наук в Новосибирске, подкрепленный тщательным изложением технических решений и принципов ПО, произвел большое впечатление на слушателей. Ведь это был 1967 г., когда еще не пошла в эксплуатацию БЭСМ-6 с максимальной производительностью в миллион операций в секунду.

Проекту, однако, не суждено было воплотиться в жизнь. Для 1960-х это было слишком смелое решение доступного на тот момент уровня технологий и элементной базы. Кроме того, возникли организационные сложности — проектом заинтересовались разработчики новой системы ПРО, а не традиционные заказчики Карцева. В результате отдел под руководством Михаила Александровича был фактически изгнан из ИНЭУМ. С 1967 г. ведет свою историю НИИ вычислительных комплексов, хотя статус института коллектив Карцева получил только в 1975 г.

Однако часть проекта М-9 все-таки стала реальной машиной. Первая советская векторно-параллельная многопроцессорная ЭВМ М-10 — это не что иное, как «числовая связка» М-9. В конце 1960-х началась работа над проектом сплошного поля надгоризонтального наблюдения за космическими объектами, который предусматривал развертывание новых радиолокационных станций и существенное расширение возможностей командного пункта для всей системы. Если первая очередь советской СПРН базировалась на машине М4-2М, то теперь перед Карцевым была поставлена задача создать новую суперпроизводительную ЭВМ, адекватную резко возросшим требованиям к интенсивности обработки данных. И Карцев с успехом ее решает, реализуя свои идеи комплексного параллелизма. М-10 представляла собой многопроцессорную вычислительную систему на микросхемах с возможностью распараллеливания на уровнях команд (длинное командное слово с двумя кодами операций для одновременного выполнения на разных арифметических устройствах) и данных (векторные операции). Кроме того, несколько машин могли комплексоваться в единую систему — таким образом распараллеливание расширялось и на уровень задач.

До начала 1980-х М-10 с быстроедействием порядка 5 млн оп/с, емкостью внутренней памяти 5 Мбайт и пропускной способностью мультимплексного канала 6 Мбайт/с превосходила все советские машины. А реальный выигрыш в быстроедействии на конкретных задачах иногда был просто фантастическим — в определенных физических расчетах М-10 оказывалась быстрее БЭСМ-6 более чем в 20 раз и в 45 раз превышала одну из старших моделей ЕС. В этой ЭВМ Карцев еще в начале 1970-х

реализует базовые принципы RISC-системы — длинное командное слово для задания операций, сокращенный набор команд и выполнение большинства операций за один такт. Операционная система с разделением времени позволяла одновременно работать на машине с восемью терминальных пультов.

Статья «Секретный параллелизм» ранее опубликована в «Computerworld Россия», № 07, 2000.

Перепечатывается с разрешения издательства «Открытые системы». Права сохранены

Последняя из серии «М»

В 1984 г. была запущена в производство многопроцессорная машина М-13.

М-13 представляла собой многопроцессорную машину, в которой каждый процессор был ориентирован на выполнение определенных функций.

Наталья Дубова



Михаил Александрович Карцев, главный конструктор целого ряда ЭВМ для советских оборонительных систем, был в нашей стране одним из первопроходцев технологии параллельных вычислений и ее воплощения в практике. Последняя его разработка — запущенная в 1984 г. в производство многопроцессорная машина М-13, предназначалась в первую очередь для обработки больших потоков информации в реальном масштабе времени и создавалась на элементной базе четвертого поколения — больших интегральных схемах.

На этот раз Карцев задумал не одну машину, а серию программно-совместимых многопроцессорных систем. Разрабатывались три базовые модели — малая, большая и средняя, созданные на единой элементной, конструктивной и технологической базе, построенные на общих струк-

турных решениях, но с разной мощностью для удовлетворения разных потребностей заказчика. Все модели строились по модульному принципу, а переход от одной модели к другой осуществлялся путем увеличения модулей. Предусматривалась программная совместимость моделей М-13 между собой. У всех у них был единый машинный язык и единое системное ПО, которое поддерживало работу в режимах реального времени либо разделения времени, допуская создание программ на автокоде, Алголе, Фортране и Коболе.

Предыдущая разработка Карцева, машина М-10, предусматривала распараллеливание вычислений на нескольких уровнях — уровне команд (длинное командное слово), уровне данных (векторные команды) и уровне программ — путем построения многомашинных комплексов. В М-13 разработчики ограничились распараллеливанием на уровне данных, но добавили конвейеризацию операций. М-13 стала первой в СССР векторно-конвейерной ЭВМ.

С конца 1950-х коллектив Карцева строил машины для советской системы предупреждения о ракетном нападении, и очередные архитектурные находки разработчиков служили увеличению мощности, которого требовали новые задачи СПРН. М-13 не была исключением. В 1980 г. правительство страны приняло решение о создании радиолокационной станции нового поколения «Дарьял-У», и руководимому Карцевым НИИ вычислительных комплексов было поручено обеспечить эту РЛС вычислительной системой на основе М-13.

М-13 представляла собой многопроцессорную машину, в которой каждый процессор был ориентирован на выполнение определенных функций. Все устройства этой ЭВМ, а их всего было 13 типов, группировались по функциональному назначению. Основные вычисления выполнялись в центральной процессорной части, которая включала в себя векторное АЛУ из 4, 8 или 16 арифметических процессоров, в зависимости от модели, и процессор мультиплексного канала. В АЛУ была реализована уникальная система аппаратного контроля, которая автоматически обнаруживала любой неисправный блок. Центральная процессорная часть ЭВМ в зависимости от конфигурации обеспечивала производительность 12, 24 и 48 млн оп/с.

Следующая группа устройств представляла собой средства аппаратной поддержки операционной системы и содержала центральный управляющий процессор, таблицы виртуальной трехуровневой памяти и средства поиска. Еще одна часть машины — абонентская система — состояла из программируемых сопрягающих процессоров для подключения различных внешних устройств. Когда разрабатываемая М-13

была выбрана в качестве основы вычислительного комплекса для РЛС «Дарьял-У», понадобилось включить в машину специальный процессор для цифровой обработки сигналов. Так появилась дополнительная специализированная процессорная часть ЭВМ для таких задач, как быстрое преобразование Фурье, вычисление корреляционных функций, сравнение с пороговым значением, проверка гипотез и т. д. Базовая операция специального арифметического процессора — двухточечное преобразование Фурье — выполнялась за один такт.

Разработчики М-13 стремились реализовать машину на самых прогрессивных технических решениях. Но надо учесть, что работа над этой ЭВМ началась в конце 1970-х, так что ее создатели ориентировались на то, чего отечественная промышленность достигла к 1978 г. А в производство машина оказалась запущена значительно позже. Но не по вине разработчиков — они оперативно справились со своей задачей, и к 1980 г. была готова вся конструкторская документация. А дальше началась крайне неприятная волокита с выбором заводов для производства машины и конфликты с вышестоящими инстанциями. Все эти перипетии с выпуском машины стоили жизни ее главному конструктору — весной 1983 г. сердце Михаила Александровича Карцева не выдержало колоссальных перегрузок.

Преемник Карцева на посту директора НИИВК Юрий Васильевич Рогачев вспоминает, что коллектив института очень тяжело переживал эту утрату. И с удвоенной энергией руководство института стало добиваться серийного производства М-13. В конце концов удалось договориться с Загорским электромеханическим заводом, и передача туда в 1984 г. документации на М-13 дала наконец путевку в жизнь последней машине Карцева. Государственные испытания непосредственно на объекте М-13 выдержала лишь в 1991 г.

К сожалению, в СССР выпуск очередной ЭВМ подчас превращался в героическую эпопею. В день 15-летия НИИВК в мае 1982 г. Карцев говорил: «Нам сейчас кажется, что мы никогда не выпускали в свет такой хорошей разработки, какую пытаемся выпустить сегодня, и что никогда не было столь трудно выпустить разработку в свет, как сейчас. Но я хочу вам напомнить, что мы переживали очередную влюбленность в каждую нашу разработку, и трудности у нас всегда были неимоверные».

Статья «Секретный параллелизм» ранее опубликована в «Computerworld Россия», № 20, 2000.

Перепечатывается с разрешения издательства «Открытые системы». Права сохранены

Первый советский ПК

В 1982 г. появилась на свет первая советская ПЭВМ «АГАТ».

«АГАТ» устанавливали в первых школьных компьютерных классах, и на нем ребята осваивали азы информатики и ВТ.

Наталья Дубова



К началу 1980-х НИИ вычислительных комплексов, которым руководил Михаил Александрович Карцев, был мощной организацией по разработке серьезных ЭВМ для советского оборонного комплекса. Созданная этим коллективом многопроцессорная векторная машина М-10 с быстродействием 5 млн оп/с оставалась одной из самых быстрых советских ЭВМ, а на подходе была векторно-конвейерная М-13. Но именно в этой солидной организации в 1982 г. появилась на свет первая советская ПЭВМ.

Крупным предприятиям, подобным НИИВК, в советские времена часто вменялось в обязанность выпускать товары народного потребления. В 1981 г. группа специалистов института, руководимая А. Ф. Иоффе, начала разрабатывать такой необычный по тем временам потребительский продукт, как персональный компьютер. Работа эта была вдалеке от столбовой дороги развития института, поэтому поначалу спроектированную на бумаге малогабаритную машину просто не из чего было делать — не было подходящих процессоров, специальных интегральных схем, мониторов, клавиатуры, компактных дисководов для магнитных дисков, принтеров. Понадобилась прямая помощь Минрадиопрома, в подчинении которого находился НИИВК, чтобы хоть как-то справиться с проблемой комплектующих.

Затем возникла иная сложность — заводы, производившие вычислительную технику, не хотели браться за новое изделие, назначение которого тогда было не совсем понятно и просто не воспринималось всерьез.

Поэтому первые модели ПЭВМ «АГАТ» — так разработчики называли свое создание — были собраны прямо в институте монтажниками НИИВК.

Одну из машин передали Институту микрохирургии глаза Свято-слава Федорова, на остальных специалисты НИИВК доводили до ума программное обеспечение машины и разрабатывали прикладные программы. В 1984 г. по мировым меркам довольно несовершенный в технологическом плане «Агат» был отправлен на знаменитый СеВІТ, где большого фурора не произвел. Но факт появления в Советском Союзе персонального компьютера не мог остаться незамеченным.

В НИИВК продолжали совершенствовать конструкцию «Агата» и в конце концов добились передачи машины в промышленное производство. За серийный выпуск взялся сначала Лианозовский электромеханический завод в Москве, затем в 1985 г. к нему присоединился Волжский завод вычислительной техники.

Пользователь первого советского персонального компьютера получал в свое распоряжение машину с 8-разрядным процессором, быстродействием 300 тыс. оп/с, оперативной памятью 64 Кбайт и черно-белым монитором. Стандартная программная начинка «Агата» была вполне солидной и по сегодняшним меркам — дисковая операционная система, текстовый редактор, персональная СУБД, интерактивные информационно-справочные системы.

Для НИИВК, занятого разработкой специализированных суперЭВМ, персональный компьютер тем не менее не стал пасынком. Институт не только серьезно подошел к его разработке и доведению до совершенного уровня, создав для этого специальный отдел персональных ЭВМ, но и активно занялся пропагандой новой машины. Для пользователей такой способ работы с вычислительной машиной, когда она находится в твоем личном распоряжении, был необычен и непонятен. Привыкшие к мощным счетным ЭВМ коллективного пользования, они, как правило, просто не знали, какую выгоду можно извлечь из автоматизированной обработки и хранения информации на персоналке. НИИВК направлял свою машину в научные, медицинские, учебные организации, часто специалисты института непосредственно на месте помогали осваивать «Агат». Компьютер начали использовать в вычислительном центре союзной Академии наук, в Сибирском отделении АН СССР, в Институте общей физики АН СССР, в Академии наук Киргизии, в Тартуском университете, Министерстве гражданской авиации, Институте сердечной хирургии, некоторых московских больницах и поликлиниках.

Но особо стоит отметить роль «Агата» в школьном образовании. Помню по собственному опыту, что в те годы школьникам в лучшем случае

давали общее теоретическое представление о вычислительной машине. Появление персонального компьютера открыло возможность пощупать ЭВМ собственными руками. «Агат» устанавливали в первых школьных компьютерных классах, и на нем ребята осваивали азы информатики и вычислительной техники. В 1985 г. в стране началось инициированное правительством движение по информатизации школ. И хотя показательные компьютерные классы оснащали в основном закупленными в Японии «Ямахами», скромный советский «Агат» уже подготовил почву для широкого внедрения компьютеров в школьное образование.

*Статья «Первый советский ПК» ранее опубликована
в «Computerworld Россия», № 18, 2000.
Перепечатывается с разрешения издательства
«Открытые системы». Права сохранены*

6.13. Биографическая энциклопедия «Электроника России»

Статья о М. А. Карцеве в Биографической энциклопедии «Электроника России» (рис. 6.21).



Рис. 6.21. Биографическая энциклопедия «Электроника России»

«КАРЦЕВ Михаил Александрович (10.05.1923, г. Киев — 23.04.1983, г. Москва) — специалист в области вычислительной техники. Участник Великой Отечественной войны. Окончил МЭИ (1952). Д.т.н., профессор. С 1950 по 1956 — м.н.с., ст. инженер Энергетического института АН СССР. С 1956 по 1958 — ст. инженер, ст. конструктор лаборатории управляющих машин и систем АН СССР. С 1958 по 1967 — зав. лабораторией, начальник отдела Института управляющих машин Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР. С 1967 по 1970 — начальник филиала № 1 ОКБ «Вымпел» МРП СССР. С 1970 по 1975 — директор филиала Радиотехнического института АН СССР ЦНПО «Вымпел» МРП СССР. С 1975 по 1983 — директор НИИ вычислительных комплексов МРП СССР. Под его руководством созданы первые в стране цифровые ЭВМ М1, М2 (1952–1954). В качестве главного

конструктора возглавлял разработку всех последующих поколений ЭВМ специального назначения ряда “М” (М-4, М4-2М, М-9, М-10, М-10М, М-13) и вычислительных комплексов на их основе для СПРН, ПРО и ПКО МО СССР, превосходивших на тот период лучшие мировые достижения. Автор 5 монографий, более 50 научных работ и 20 изобретений. Основатель НИИ вычислительных комплексов. Лауреат Государственной премии СССР (1967). Почетный радист (1973). Награжден орденами Ленина, Красной Звезды, Знак Почета, Трудового Красного Знамени, медалями За отвагу, За взятие Будапешта, За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг., За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина, другими медалями. Его имя присвоено НИИ вычислительных комплексов».

*Опубликовано:
Электроника России.
Биографическая энциклопедия.
М.: Столичная энциклопедия,
2009. С. 214–215*

6.14. Московская энциклопедия, Лица Москвы

Статья о М. А. Карцеве в Биографической энциклопедии «Московская энциклопедия. Лица Москвы» (рис. 6.22).



Рис. 6.22. Московская энциклопедия

«КАРЦЕВ МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

А. В. Рогачев, М. С. Зайцев

(1923, Киев — 1983, М.), ученый и инженер, конструктор электрон. вычислит. машин, д.т.н. (1967). Из семьи учителей. В М. с 1947. В 1952 окончил радиотехн. фт МЭИ. С 1950 по 1956 работал в возглавляемой И. С. Бруком лаб. электросистем Энергетич. ин-та им. Г. М. Кржижановского АН; в 1956—58 — старш. инженер Лаб. управляющих машин и систем АН (ЛУМС). В 1958 защитил канд. дисс. и перешел в только что организ. на базе ЛУМС Ин-т электрон. управляющих машин АН, где руководил спец. лаб. № 2 (1958—64), а затем отд. спец. разработок (1965—67). В 1967 возглавил филиал ОКБ “Вымпел” Минрадиопрома (с 1970 — филиал НИИ, радиотехн. ин-та ЦНПО “Вымпел”), на базе кот. в 1975 был создан НИИ Вычислит. комплексов (НИИВК), а К. стал его перв. дир. Гос. пр. (1967).

Автор фундам. работ по вычислит. технике. Одним из первых оценил возможности использования достижений оптоэлектроники в вычислит. технике. Еще учась в ин-те, уч-вал в создании (под рук. Брука) перв. в России ЭВМ М-1 (1951–52). Возглавлял разработку ЭВМ М-2 (1952–56). Гл. конструктор четырех поколений отеч. ЭВМ (М-4, М4-2М, М-10, М-13) и мощных вычислит. комплексов спец. назначения. Предложил и реализовал на практике концепцию полностью параллельной вычислит. системы с распараллеливанием на всех четырех уровнях – программ, команд, данных и слов (ЭВМ М10, 1970–72).

Жил в общежитии МЭИ (ул. Лефортовский Вал, 1947–52); на Ломоносовском просп., 14 (кон. 1950х); ул. Панферова, 16, корп. 4 (с 1961); ул. Островитянова, 17, корп. 2 (ныне ул. Арцимовича, 16 – с 1969). Похоронен на Кунцевском кладб.

В 1993 НИИВК присвоено имя К.

Соч.: Быстродействующая вычислительная машина М-2. М., 1957 (в соавт.); Арифметические устройства электронных цифровых машин. М., 1958; Арифметика цифровых машин. М., 1969; Архитектура цифровых вычислительных машин. М., 1978; Вычислительные машины и синхронная арифметика. М., 1981 (в соавт.).

Лит.: Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. Киев, 1995; Частиков А. П. Архитекторы компьютерного мира. СПб., 2002; Рогачев Ю. В., Смолевицкая М. Э. Михаил Александрович Карцев – выдающийся конструктор отечественных комплексов // История науки и техники. 2003. № 4. Отеч. радиоэлектроника».

Опубликовано: Московская энциклопедия.

Том 1. Лица Москвы. Книга 2. И–М.

Изд. «Московские энциклопедии», 2008 год

6.15. Творческое наследие М.А. Карцева значительно и весомо

Инноград Сколково

Летопись информационных технологий

Михаил Карцев



Михаил Александрович Карцев был одним из самых ярких разработчиков вычислительных машин, комплексов и систем. Уже в первой его вычислительной машине М-2 были успешно реализованы новые по тем временам такие технические решения, как элементы страничной организации памяти и сочетание операций с фиксированной и плавающей точкой. Он был разработчиком одной из первых в стране машин М-4 второго поколения на транзисторной элементной базе, причем на основе модернизированного варианта машины (М4-2М) были построены первые кластеры (многомашинные вычислительные комплексы). В полной мере идея многомашинных вычислительных комплексов нашла свое отражение в проекте системы М-9 и многопроцессорной системе М-10 с программно-перестраиваемой линейкой синхронных процессоров и векторной архитектурой. На базе 76 систем М4-2М и М-10 был создан и находился в постоянной круглосуточной эксплуатации крупнейший в нашей стране многомашинный вычислительный комплекс, объединенный каналами данных длиной в десятки тысяч километров. На системе М-10 были проведены сложные научные эксперименты по моделированию плазмы и впервые в мире получены данные по явлению коллапса в плазме, что не удалось сделать американским ученым на компьютере CDC-7600.

М. А. Карцев являлся одним из первых разработчиков системы четвертого поколения М-13, в которой использовались в качестве элементной базы БИС (большие интегральные схемы). Многопроцессорная система М-13 была первой в нашей стране вычислительной системой с векторно-конвейерной архитектурой.

М. А. Карцев являлся одним из инициаторов в нашей стране использования достижений оптоэлектроники в вычислительных комплексах. Впервые в его институте (НИИ вычислительных комплексов) была ре-

ализована волоконно-оптическая система для многомашинного комплекса, состоящего из шести машин М-10.

Михаил Александрович Карцев родился 10 мая 1923 г. в Киеве в учительской семье. Вскоре после его рождения умер отец, и Михаил вместе с матерью сначала жил в Одессе, затем в Харькове, а с 1934 по 1941 г. — снова в Киеве. В Киеве, в 1941 г., он и закончил среднюю школу. В начале войны его направили на оборонные сооружения в Донбасс, а в сентябре 1941 г. призвали в армию. Всю войну он прослужил танкистом, участвовал в освобождении Румынии, Венгрии, Чехословакии и Австрии.

В 1947 г. после демобилизации М. А. Карцев поступил на радиотехнический факультет Московского энергетического института (МЭИ). Будучи студентом пятого курса (на третьем он сдал экстерном все экзамены за четвертый курс), в 1950 г. по совместительству он стал работать в лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР, где участвовал в создании одной из первых отечественных вычислительных машин — М-1. В 1952 г. в должности младшего научного сотрудника Карцев возглавил коллектив разработчиков вычислительной машины М-2. Работы по ее созданию были проведены в кратчайшие сроки с апреля по декабрь 1952 г. (подробности ее разработки и основные характеристики приведены в очерке, посвященном И. С. Бруку). Главное, что хотелось бы отметить, — машина М-2 положила начало созданию экономических вычислительных машин среднего класса. В этом была немалая заслуга М. А. Карцева.

В 1957 г. директор Радиотехнического института АН СССР академик А. Л. Минц обратился к И. С. Бруку с предложением разработать электронную управляющую машину (ЭУМ) для управления экспериментальным радиолокационным комплексом «Днепр». Предложение было принято, и с декабря 1957 г. началась разработка ЭУМ М-4. Главным конструктором назначен М. А. Карцев. Под его руководством была создана спецлаборатория в только что организованном Институте электронных управляющих машин (ИНЭУМ) для проведения работ по проектированию и созданию М-4.

Вычислительная машина М-4 ознаменовала новую веху в деятельности М. А. Карцева как главного конструктора, причем машина по многим своим характеристикам была на уровне лучших мировых образцов компьютерной техники того времени (об этом мы узнали только в 1990-е годы, а в 1960-х годах информация о ней была закрытой, так как М-4 использовалась в системах раннего предупреждения о ракетном нападении — СПРН).

Во-первых, М-4 была одной из первых отечественных машин, построенных на транзисторах; во-вторых, впервые была использована гарвардская архитектура, в которой память разделена на память данных и память программ в целях повышения устойчивости к отказам и надежности машины; в-третьих, в М-4 впервые были внедрены периферийные процессоры (они появились в компьютерах третьего поколения — каналы ввода-вывода) для устранения противоречия между производительностью центрального процессора и внешних устройств; в-четвертых, в целях увеличения быстродействия в арифметико-логическом устройстве была аппаратно реализована операция извлечения квадратного корня.

В 1960 г. Загорский электромеханический завод выпустил две машины, одна из них была отправлена на полигон, где в комплексе с РЛС «Днепр» эта машина прошла успешные испытания, после которых модернизированный вариант М-4 был запущен в серийное производство. В модернизированном варианте машины, которая вначале называлась М-4М, а затем М4-2М, были устранены недостатки, имевшиеся в М-4, что сделало ее более технологичной в производстве и настройке. Вместо установленного техническим заданием быстродействия в 100 тыс. оп/с М4-2М выполняла 220 тыс. оп/с, ее производство продолжалось до 1985 года, а использование — до середины 1990-х гг. На базе М4-2М были построены первые кластеры (многомашинные вычислительные комплексы), работающие в реальном масштабе времени.

По результатам научных исследований, проведенных при разработке М-4, Карцевым была защищена докторская диссертация, а в 1967 г. ему присуждена Государственная премия СССР.

Необходимо отметить, что параллельно с созданием М-4 в ИНЭУМе разрабатывалась машина М-5 гражданского применения. Своим замыслом эта машина предвосхищала многие принципы построения машин не только третьего, но и четвертого поколения. Она задумывалась как многопрограммная и многотерминальная вычислительная машина со странной организацией памяти, которая могла работать как в пакетном режиме, так и в режиме разделения времени. Авторство этих и многих других идей, заложенных в структуру М-5, принадлежало М. А. Карцеву, он же был вначале назначен главным конструктором этой машины. Но через некоторое время Брук посчитал, что Карцеву следует больше внимания уделять взаимодействию с производителями и заказчиками М-4, и отстранил его от работы над М-5, разделив коллектив на две специализированные лаборатории. Для М. А. Карцева, по воспоминаниям коллег, это был тяжелый момент в жизни, так как им слишком много было вложено в М-5.

Дальнейшая судьба машины сложилась неудачно. Изготовленная в единственном экземпляре и не получившая технологической опоры в серийном производстве, по воспоминаниям В. Ф. Дорфмана, она в конце концов была разобрана на детали, которые были проданы в магазине «Пионер».

М.А. Карцеву больше уже не суждено было вернуться к гражданской тематике, все его последующие машины предназначались для оборонной промышленности. Уже в 1967 г. им был разработан проект многомашинного вычислительного комплекса М-9. По воспоминаниям Б. Н. Малиновского, комплекс М-9 включал в себя процессор управления и четыре разновидности вычислительных машин: функционально-операторную, числовую, ассоциативную и внешний вычислитель.

Основная идея, заложенная в М-9, состояла в том, что структура вычислительных машин должна быть рассчитана на работу не с отдельными числами, а с группами чисел, представляющими собой приближенные представления функций либо многомерные векторы. Иными словами, должны быть учтены более глубокие смысловые связи в информации, чем связи, учитываемые в существующих машинах: не только между отдельными разрядами одного числа, но и между отдельными числами, представляющими собой значения одной функции. Соответственно, все машинные операции должны быть определены не над пространствами чисел, а над пространствами функций. В число этих операций могут входить сложение, вычитание и умножение функций, сравнение функций, аналогичные операции над функцией и числом, отыскание максимума функций, вычисление неопределенного интеграла, вычисление определенного интеграла от производной двух функций, сдвиг функции по абсциссе и т. д.

Многие из этих операций могут быть истолкованы как известные операции над векторами: сложение и вычитание функций — как сложение и вычитание векторов, вычисление определенного интеграла от производной двух функций — как вычисление скалярного произведения двух векторов, сдвиг функций по абсциссе — как поворот вектора относительно осей координат и т. д.

Главное отличие такой машины (названной Карцевым функционально-операторной) от обычной состояло в организации взаимодействия арифметических устройств. Они работали от одного общего тактового генератора. Причем каждая машина выполняла свою операцию в течение одного или двух тактов, а в конце каждой операции и в начале следующей обеспечивался (без каких-либо дополнительных потерь време-

ни) обмен информацией между выходом любого АУ и входом любого ЗУ (запись предыдущих операций) и между входом любого АУ и выходом любого ЗУ (чтение исходных данных для следующей операции), а также между АУ.

Векторная числовая машина, включенная в состав М-9, осуществляла операции над частями функций или с многомерными векторами. Ассоциативная машина, обладая высокой производительностью, брала на себя большую часть «неквалифицированной» работы по переборам и упорядочению массивов информации. Числовая машина работала по самостоятельной программе и по программе, синхронизированной с другими машинами комплекса.

Включение в синхронную работу разнородных вычислительных машин позволяло комплексу сохранить высокую производительность при работе с разнородной информацией и делало его универсальным вычислительным средством для решения широкого класса задач, требующих очень высокой производительности.

Успешная эксплуатация макета М-9 показала многие его достоинства, но промышленного освоения он не получил. В дальнейшем векторная числовая машина комплекса М-9 была положена в основу многопроцессорной вычислительной системы М-10.

Для М. А. Карцева 1967 г. оказался знаменательным — был организован Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК), основу которого составлял коллектив его отдела ИНЭУМа, а он был назначен директором института.

В 1969 г. коллектив вновь созданного института приступил к разработке многопроцессорной системы М-10, и уже в августе 1971 г. был создан экспериментальный образец. Такие темпы разработки сказались на здоровье главного конструктора — обширный инфаркт на несколько месяцев уложил его в постель. Но, к счастью, все обошлось благополучно.

В сентябре 1973 г. первый промышленный образец успешно выдержал комплексную проверку, а с декабря этого же года началось серийное производство, которое продолжалось до конца 1980-х гг.

М-10 представляла собой многопроцессорную синхронную систему со средней производительностью 5 млн оп/с и внутренней памятью емкостью 5 Мбайт. В качестве элементной базы были использованы микросхемы серии 217 («Посол»). М-10 обладала способностью вести параллельную обработку данных различных форматов, динамически изменять кластеризацию процессоров для соответствия формата данных.

До 1980-х гг. вычислительная система М-10 по своей производительности превосходила все отечественные машины (БЭСМ-6 она превос-

ходила в 4,2 раза, а старшие модели ЕС ЭВМ — в 5,6 раза). Уступая по производительности из-за несовершенства элементной базы, как пишет Б. А. Головкин, суперкомпьютеру Cray-1 (появившемуся в те же годы), М-10 превосходила его по возможностям, заложенным в архитектуру. «Они определяются числом циклов (в среднем) на одну выполняемую операцию. Чем оно меньше, тем более совершенна архитектура ЭВМ. Для М-10 оно составляет от 0,9 до 5,3 (для всего спектра операций), а для Cray-1 — от 0,7 до 27,6. Здесь минимальные значения близки одно к другому, а максимальное значение для М-10 намного меньше максимального значения для Cray-1».

Информация об использовании системы М-10, как и о применении предыдущей системы М-4, до 1990-х гг. была закрытой — она также участвовала в составе комплекса системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН).

В 1980 г. М-10 была модернизирована и стала выпускаться под названием М-10М (ее производительность составляла 20–30 млн оп/с). В этом же году правительство страны приняло решение о создании радиолокационной станции нового поколения для СПРН, и институту Карцева было поручено обеспечить новую РЛС вычислительным комплексом на основе системы М-13.

Разработка многопроцессорной системы М-13 началась в НИИВК еще в 1978 г. Эта первая отечественная система четвертого поколения, в которой в качестве элементной базы использовались большие интегральные схемы, была предназначена для обработки в реальном масштабе времени больших потоков информации. Система М-13 имела четыре основные части: центральную процессорную часть, аппаратные средства поддержки операционной системы, абонентское сопровождение и специализированную процессорную часть — и была построена по модульному принципу. Кроме распараллеливания на уровне данных (векторные команды), в структуру М-13 был введен конвейер операции. Так что система М-13 стала первой в нашей стране векторно-конвейерной вычислительной системой. Максимальное эквивалентное быстродействие системы составляло $2,4 \times 10^9$ оп/с.

Несмотря на то что конструкторская документация на систему М-13 была подготовлена институтом в 1980–1981 гг., в производство она была запущена значительно позже. О трудностях выпуска очередной вычислительной системы М. А. Карцев говорил в своем выступлении в мае 1982 г. по случаю 15-летия НИИВК: «Нам сейчас кажется, что мы никогда не выпускали в свет такой хорошей разработки, какую пытаемся

выпустить сегодня, и что никогда не было столь трудно выпустить разработку в свет, как сейчас. Но я хочу вам напомнить, что мы переживали очередную влюбленность в каждую нашу разработку, и трудности у нас всегда были невероятные».

Неприятная волокита с выбором заводов для производства М-13 и конфликты по этому поводу с вышестоящими инстанциями стоили жизни ее главному конструктору — не выдержало сердце. 23 апреля 1983 г. Михаила Александровича не стало. Ему было 59 лет.

В 1984 г. Загорский электромеханический завод приступил к производству последнего детища М. А. Карцева — вычислительной системы М-13, а государственные испытания непосредственно на объекте системы прошла лишь в 1991 г.

Творческое наследие М. А. Карцева значительно и весомо. Это целая гамма созданных им уникальных вычислительных машин, комплексов и систем: М-2, М-4, М4-2М, М-5, М-10, М-13, — внесших существенный вклад в компьютерную науку, а их практическая значимость для нашей страны очень велика.

Это серия написанных им книг, которые стали настольными как у разработчиков вычислительных машин, так и у студентов технических вузов соответствующих специальностей: «Арифметические устройства электронных цифровых машин» (1958), «Арифметика цифровых машин» (1969), «Архитектура цифровых вычислительных машин» (1978), «Вычислительные системы и синхронная арифметика» (1978).

Заслуги М. А. Карцева оценены многими правительственными наградами и, как уже написано выше, ему была присуждена Государственная премия СССР. В 1993 г. его имя было присвоено НИИ вычислительных комплексов.

Источник: <http://chernykh.net>

6.16. Михаил Александрович Карцев на порталах Интернета

6.16.1. Публикации в Виртуальном компьютерном музее



**ВИРТУАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ
МУЗЕЙ**

<http://www.computermuseum.ru/>

В разделе «Галерея славы» музея приведены следующие публикации о М. А. Карцеве <http://www.computermuseum.ru/galglory/kartcev0.htm>):

Михаил Александрович Карцев

- Компьютерный гений (Отрывки из книги В. Ф. Дорфмана «Воспоминания об Атлантиде», публикуется к 85-летию М. А. Карцева)
- Михаил Александрович Карцев (доктор технических наук)
- Краткий биографический очерк
- От первых ЭВМ до суперкомпьютеров

В Разделе «Специализированные ЭВМ военного назначения» http://www.computermuseum.ru/histussr/0_2.htm приведены публикации о работах М.А. Карцева:

- М-4 (Карцев)
- М-10
- М-13

6.16.2. На сайтах



и



приведена следующая публикация:

Михаил Александрович Карцев

М. А. Карцев (1923—1983) принадлежит к той категории ученых, полное признание огромных заслуг которых приходит лишь после смерти. Академическая элита не удостоила его высоких званий. Лишь десять лет спустя после его ухода из жизни основанный им Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов НИИВК (Москва) получил имя своего создателя.

Компьютерная наука и техника были его призванием. Им он посвящал все свое время — на работе, дома, на отдыхе.

Уроженец Киева (перед войной семья переехала в Одессу), он в первые дни войны был призван в армию. После демобилизации М. А. Карцев поступил в Московский энергетический институт (МЭИ) на радиотехнический факультет. На третьем курсе экстерном сдал экзамены за следующий год и в 1950-м, будучи студентом 5-го курса, начал работать в лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР (по совместительству). Здесь молодой исследователь принял участие в разработке одной из первых в Советском Союзе вычислительных машин — М-1. В 1952 г. Михаил Александрович направили в Энергетический институт АН СССР, где он был зачислен в лабораторию электросистем младшим научным сотрудником. Разрабатывая ЭВМ М-2, М. А. Карцев проявил незаурядные способности. Машина была создана небольшим коллективом всего за полтора года! (БЭСМ разрабатывалась вдвое дольше и куда более крупным коллективом!) Конечно, ЭВМ М-2 уступала БЭСМ по характеристикам, но это была машина солидная.

По результатам научных исследований, выполненных при разработке машины М-4М, М. А. Карцев защитил докторскую диссертацию. За создание машины ему была присуждена Государственная премия СССР (1967).

В 1969 г. вышло постановление Правительства СССР о создании электронной вычислительной машины М-10. В декабре 1973 г. были завершены испытания ее промышленного образца, началось серийное изготовление машин М-10. Производство продолжалось свыше 15 лет. Было выпущено несколько десятков комплектов, большинство из которых эксплуатируются и сегодня. На базе машин М-10 построен ряд мощных вычислительных комплексов. В 1976 г. «работая» в одном из таких комплексов, М-10 вместе с математическим обеспечением успешно выдержала государственные испытания.

Вычислительная машина М-10 представляла собой многопроцессорную систему синхронного типа и относилась к машинам третьего по-

коления: основными логическими элементами в ней были микросхемы серии 217 («Посол»). Машина предназначалась для обеспечения работы сложных автоматизированных систем управления в реальном масштабе времени, а также могла решать широкий круг научно-технических задач.

Уступая по производительности (из-за несовершенства элементной и конструктивно-технологической базы) американской суперЭВМ «Cray-1», ЭВМ М-10 превосходила ее по возможностям, заложенным в архитектуру. Они определяются числом машинных циклов (в среднем) на одну выполняемую операцию. Чем оно меньше, тем более совершенна архитектура ЭВМ. Для М-10 такое число составляет от 0,9 до 5,3 (для всего спектра операций), а для «Cray-1» — от 0,7 до 27,6.

Машина разрабатывалась для Системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН), а также для общего наблюдения за космическим пространством. Информация об этом впервые появилась в «Правде» 1 апреля 1990 г. (статья А. Горохова «Стояние при Пестрялове»). Задачей системы было обеспечить военно-политическое руководство СССР достоверной информацией о возможной угрозе ракетного нападения и обстановке в космосе (сейчас на околоземных орбитах находится около 17 тысяч объектов различного происхождения, включая действующие и отслужившие свой срок спутники, куски ракетоносителей и пр.). Первый эшелон СПРН — космический: по факелам запускаемых ракет спутники засекают их старт. Костяк системы — ее второй, наземный эшелон, включающий мощные радиолокационные станции, расположенные по окраинам страны (до распада СССР их было восемь — под Ригой, Мурманском, Печерой, Иркутском, Балхашом, Мингечауrom, Севастополем, Мукачевым), а также сеть вычислительных комплексов на базе ЭВМ М-10.

К началу 1980-х годов ЭВМ М-10 обладала наивысшими производительностью (20–30 млн оп/с), емкостью внутренней памяти и пропускной способностью мультиплексного канала, достигнутыми в СССР. Впервые в мире в ней был реализован ряд новых прогрессивных решений, в том числе: предусмотрена возможность синхронного комплексирования до семи ЭВМ при прямом (минуя мультиплексный канал) обмене информацией между программами отдельных машин и динамическом разделении оборудования; реализована автоматическая перестройка поля процессоров; в состав ЭВМ введен второй уровень внутренней памяти емкостью более 4 млн байт с произвольным доступом; обеспечен внешний обмен с обоими уровнями внутренней памяти.

Новизна технических решений была защищена 18 свидетельствами на изобретения и 5 свидетельствами на промышленные образцы.

В 1978 г. М. А. Карцев развернул работы по созданию новой многопроцессорной векторной вычислительной машины, используя опыт, полученный при разработке, изготовлении и эксплуатации машин М-10 и М-10М, а также новейшие достижения в технологии и электронной технике. Решено было присвоить этой машине условное обозначение М-13.

М-13 стала машиной четвертого поколения. В качестве элементной базы в ней были использованы большие интегральные схемы. В архитектуре этой многопроцессорной векторной ЭВМ, предназначенной в первую очередь для обработки в реальном масштабе времени больших потоков информации, предусмотрены четыре основные части: центральная процессорная часть, аппаратные средства поддержки операционной системы, абонентское сопряжение, специализированная процессорная часть.

В многопроцессорной системе четвертого поколения М-13 впервые реализована аппаратура пооперационных циклов (обеспечивающая независимость программы от числа процессоров в системе), аппаратура сегментно-страничной организации памяти (перекрывающая возможности файловой системы), программно-управляемый периферийный процессор для операций типа преобразования Фурье, Волша, Адамара, Френеля, вычисления корреляционных функций, пространственной фильтрации и т. п.

Среднее быстродействие центральной части — до 50 млн оп/с (или до 200 млн коротких оп/с), внутренняя память — до 34 Мбайт, скорость внешнего обмена — до 100 Мбайт в секунду, эквивалентное быстродействие периферийного процессора на своем классе задач — до 2 млрд оп/с.

Новаторские достижения М. А. Карцева отмечены орденами Ленина (1978), Трудового Красного Знамени (1971), «Знак Почета» (1966), медалью «За доблестный труд». В 1967 г. ему была присуждена Государственная премия СССР.

В 1993 г. Научно-исследовательскому институту вычислительных комплексов присвоено имя его основателя — Михаила Александровича Карцева.

6.16.3. Сайты и порталы Интернета

Подробная информация о М. А. Карцеве приведена на многих сайтах и порталах Интернета.

Глава 7

УВЕКОВЕЧЕНИЕ ПАМЯТИ М. А. КАРЦЕВА

Михаил Александрович Карцев был наиболее творческим и продуктивным разработчиком отечественных вычислительных машин в 1960–1980-х гг.

Это было время зарождения и формирования нового класса продукции — электронных вычислительных машин (ЭВМ), в нынешней терминологии «компьютеров». Это было время творческого взрыва инициатив разработчиков в поиске путей построения ЭВМ, в поиске архитектурных решений повышения их эффективности. И это было время дискретных и низкой интеграции элементов, не ограничивающих фантазии разработчика. Это было время «созвездия» в стране и в мире коллективов разработчиков ЭВМ, пока еще не унифицированных и программно не совместимых. И каждый такой коллектив нарабатывал научные решения в построении ЭВМ и комплексов на их основе. В этом «созвездии» коллектив, созданный и руководимый М. А. Карцевым, сверкал как наиболее яркая звезда первой величины.

Страна, коллеги и друзья предприняли ряд мер по увековечению гражданского подвига Михаила Александровича Карцева, создавшего прекрасный творческий коллектив и ряд ЭВМ и комплексов с выдающимися для своего времени характеристиками.

Лучшим памятником М. А. Карцеву является созданный им Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК), которому в 1993 г. присвоено его имя (рис. 7.1). НИИВК им. М. А. Карцева расположен по адресу: г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 108 (рис. 7.2). Коллектив выдержал тяжелые



Рис. 7.1. У входа в НИИВК им. М. А. Карцева



Рис. 7.2. НИИ вычислительных комплексов имени М. А. Карцева

годы реформ в стране и продолжает эффективно работать.

В фойе НИИВК установлен бюст М. А. Карцева (рис. 7.3), такой же, как и на месте захоронения Михаила Александровича в филиале Новодевичьего кладбища в Москве (рис. 7.4). Бюст выполнен скульптором В. Д.



Рис. 7.3. Бюст М. А. Карцева в фойе НИИВК перед доской почета института

Федоровым при участии скульптора Л. Е. Кербеля.

В Политехническом музее в Москве созданы фонд и экспозиция (рис. 7.5 и 7.6) М. А. Карцева.

Ряд материалов о М. А. Карцеве и его работах представлены в Виртуальном компьютерном музее в Интернете www.computermuseum.ru — его краткая биография в разделе «Галерея славы», описания всех его ЭВМ, информация о НИИВК, электронные версии его монографий и статей...

В НИИВК им. М. А. Карцева действует музей, в постоянной экспозиции которого представлены материалы о Михаиле Александровиче и его разработках (рис. 7.7).

Информация о М. А. Карцеве представлена в ряде энциклопедий, в том числе в биографической энциклопедии «Электроника России», Московской энциклопедии...

Наиболее значимым и постоянно действующим актом увековечения памяти М. А. Карцева является учреждение в 1999 г. в связи с 75-летием М. А. Карцева ежегодной премии его имени с вручением диплома для победителей конкурса научных работ молодых ученых НИИВК им. М. А. Карцева. Для финансового укрепления этого конкурса был сформирован фонд им. М. А. Карцева. Лауреатами премий имени М. А. Карцева уже стали 32 молодых сотрудника НИИВК и 5 молодых сотрудников дружественных институтов — НИИ СуперЭВМ и НИЦЭВТ. Одиннадцать из них удостоились премии имени М. А. Карцева дважды и два человека — три раза.

В 2013 г. принято решение об учреждении награды института — медали им. М. А. Карцева. Данной медалью награждаются за значительный



Рис. 7.4. Бюст на месте захоронения М. А. Карцева



Рис. 7.5. Экспозиция в Политехническом музее



Рис. 7.6. Стенд М. А. Карцева в Политехническом музее



Рис. 7.7. Рабочее место М. А. Карцева в музее НИИВК

вклад в развитие института и за весомые научно-технические исследования и опытно-конструкторские разработки в области вычислительной техники и современных информационных технологий. Первые награды были вручены в дни празднования 90-летия М. А. Карцева.

4 декабря 2017 г., в День российской информатики, состоялось торжественное открытие мемориальной доски М. А. Карцева на здании института.

Глава 8

МАТЕРИАЛЫ О М. А. КАРЦЕВЕ

8.1. Материалы Политехнического музея о М. А. Карцеве

Смолевицкая М. Э., с. н. с.

Один из столпов отечественной вычислительной техники Михаил Александрович Карцев прожил внешне простую и типичную для его поколения жизнь [1]. Он родился 10 мая 1923 г., окончил школу, прошел всю войну, завершив ее старшиной в Праге, учился на радиофакультете Московского энергетического института, затем более тридцати лет работал «на одном месте» до самой смерти в 1983 г. Вот и все, однако... Вчерашний фронтовик за один год проходит два курса института, а учебу на старших курсах совмещает с самостоятельной работой над одними из первых ЭВМ. В дальнейшем им было сформировано целое направление вычислительной техники управляющих ЭВМ реального времени, создана первая серийная многопроцессорная суперЭВМ, в течение десятилетия остававшаяся флагманом отечественных машин. М. А. Карцев — основатель Научно-исследовательского института вычислительных комплексов (НИИВК), научно-технической школы, автор фундаментальных монографий по вычислительной технике.

В 1995 г. коллекция электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ) Политехнического музея пополнилась отдельными блоками высокопроизводительных ЭВМ серии М, создававшимися под непосредственным руководством Михаила Александровича Карцева. В последующие годы сотрудники Научно-исследовательского института вычислительных комплексов (НИИВК) имени М. А. Карцева и его сын, Владимир Михайлович Карцев, передавали в музей документальные материалы, позволившие открыть в музее личный фонд этого выдающегося конструктора. Теперь благодаря сотрудничеству музея с НИИВК имени М. А. Карцева и семьей ученого коллекция ЭЦВМ и личный фонд постоянно пополняются новыми экспонатами. В данный момент в му-

зее хранится и экспонируется девять подлинных и один макет блоков и узлов ЭВМ, разработанных по идеям М. А. Карцева (рис. 8.2), а личный фонд ученого составляет более ста единиц хранения вещевых, документальных и изобразительных материалов, связанных с его творческой и служебной деятельностью.

В 1993 г., отмечая 70-летие со дня рождения М. А. Карцева, коллектив НИИВК выпустил сборник [1], содержащий выступления ученого, статьи о нем и его работах, о развитии некоторых областей вычислительной техники в НИИВК, где ясно прослеживаются черты созданной им научной школы — в работах его учеников и последователей. В этом сборнике замечательно написал о Михаиле Александровиче Л. В. Иванов, который проработал с ним с 1958 г. Сохранению наследия М. А. Карцева и памяти о нем в данное время много внимания уделяет Ю. В. Рогачев, который является Председателем Совета директоров НИИВК им. М. А. Карцева [2].

Список литературы, в которой можно найти информацию о М. А. Карцеве и его машинах, огромен. В 2003 г. в связи с 80-летием со дня рождения М. А. Карцева все журналы, так или иначе связанные с компьютерной техникой, посвятили ему статьи [8, 9].

Политехнический музей совместно с НИИВК им. М. А. Карцева в рамках проекта «История инженерной мысли России» научно-популярной серии «Российские инженеры» выпустил буклет «Михаил Александрович Карцев — выдающийся конструктор отечественных вычислительных комплексов» (рис. 8.1).

Сотрудники группы вычислительной техники Политехнического музея участвовали в юбилейном заседании Ученого совета НИИВК им. М. А. Карцева и подготовили выездную экспозицию из фондов Политехнического музея. В свою очередь, администрация и музей НИИВК передали новые экспонаты в личный фонд М. А. Карцева, созданный в Политехническом музее.



Рис. 8.1. Буклет «Михаил Александрович Карцев»



Рис. 8.2. Куратор отдела «Вычислительная техника» Политехнического музея с. н. с. М. Э. Смолевицкая у экспозиции, посвященной М. А. Карцеву и НИИВК

Вещевой фонд

1. Котелок солдатский походный алюминиевый в форме изогнутого прямоугольника, имеет крышку с защелкой и ручку.
2. Логарифмическая линейка — односторонняя, с семью шкалами, на обратной стороне справочные данные, на боковой скошенной грани измерительная шкала. СССР, г. Ленинград. Министерство Местной Промышленности РСФСР, Завод «Союз» им. А. Б. Красина.
3. Письменный прибор с двумя ручками на подставке. Ручки чернильные деревянные коричневого цвета.
4. Ручка сувенирная чернильная на подставке в виде ракеты, на колпачке — крылья; подставка круглая с шарнирным держателем для колпачка; на подставке — сувенирный вымпел, выгравирована пятиконечная звезда, надписи «СССР сентябрь 1959».
5. Памятная медаль М. А. Карцеву в день 50-летия от РТИ АН СССР на подставке; на аверсе по кругу надпись «Карцеву Михаилу Александровичу 1973»; в центре: изображение лавровой ветви и надпись «50 лет»; на реверсе: по кругу лавровый венок, логотип РТИ с лентой; в центре: здание РТИ, надпись «РТИ АН СССР»; сплав красной бронзы. 1973 г.

6. Памятная медаль М. А. Карцеву в день 50-летия от двух лабораторий института. На аверсе по кругу надпись «Храни информацию на микросердечниках! Удобно, выгодно, надежно!»; в центре: натянута сеточка из лески и продеты черные ферритовые сердечники, образующие надпись «50»; на реверсе: надпись «Лет до ста расти Вам без старости! Лаб. 7 и 32». 1973 г.
7. Медаль памятная в день 15-летия НИИВК от РТИ АН СССР на подставке. 1982 г. На аверсе: в центре надпись «15 лет» и изображение лаврой ветви; по кругу надпись «НИИ вычислительных комплексов 1982»; на реверсе в центре: схематичное изображение вычислительного комплекса и радиолокационной станции; по кругу надпись «Ордена Ленина радиотехнический институт».
8. Сувенир М. А. Карцеву от военных частей. На горизонтальной части прозрачного цвета: половина земного шара зеленого цвета с нанесенной границей желтого цвета и надписью «СССР»; внутри прозрачной призмы изображение кремлевской башни, на горизонтальной части синего цвета: надпись «Карцеву Михаилу Александровичу от командования и личного состава войсковых частей 68008 и 12556». Вертикальная часть выполнена в виде красного знамени с портретом В. И. Ленина.
9. Записная книжка фирмы Elorg. Записи, сделанные рукой М. А. Карцева с 1981 по 1983 год.
10. Медаль памятная, выпущенная к 80-летию со дня рождения М. А. Карцева, в футляре. На аверсе по кругу надпись «Карцев Михаил Александрович, 2003», две лавровые ветви; в центре: портрет М. А. Карцева и надпись «80 лет»; на реверсе: надпись «Выдающийся ученый Главный конструктор суперЭВМ 1923–1983».

Документальный фонд

Биографические материалы

1. М. А. Карцев. Стихотворение «Да будет так!». Газета «Сталинское знамя», № 115, 18 июля 1944 г., 4 стр., типографская печать. 18 июля 1944 г.
2. Редакция газеты «Сталинское знамя». Письмо М. А. Карцеву с просьбой прислать новые стихи и др. новые материалы. 12 апреля 1946 г.
3. М. А. Карцев. Грамота «Участнику боев за освобождение от немецко-фашистских захватчиков города Братислава». 4 апреля 1945 г.
4. Московский энергетический институт им. В. М. Молотова. Студенческий билет № 227/47 М. А. Карцева. 1947 г. — 1 октября 1950 г.

5. ВЦСПС; Научно-техническое общество Радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова. Членский билет № 01291 М. А. Карцева с вкладышами об уплате членских взносов, 1956–1961 гг.
6. Государственный комитет Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению. Приказ № 1025553 от 2.09.1960 об утверждении М. А. Карцева членом постоянной комиссии по электронным вычислительным машинам; 2.09.1960.
7. Государственный комитет по приборостроению, средствам автоматизации и системам управления при ГОСПЛАНЕ СССР. Институт электронных управляющих машин УДОСТОВЕРЕНИЕ № 32 М. А. Карцева о том, что он работает в институте в должности начальника отдела. 1964 г.
8. НИИ вычислительных комплексов. Характеристика на Карцева М. А. О научной и общественной деятельности М., НИИВК. 1970-е гг.
9. НИИВК. Справка выдана Карцеву М. А. О трудовой деятельности.
10. Институт электронных вычислительных машин. Поздравительный адрес М. А. Карцеву в день 20-й годовщины Великой Отечественной Войны и приказ по институту с объявлением благодарности участникам ВОВ за подписью директора. Май 1965 г.
11. Поздравительные открытки М. А. Карцеву от боевых товарищей и друзей с праздниками: Днем Победы, Днем Советской Армии. Праздником 1 мая – 5 ед. хранения.

Научная деятельность

1. Карцев М. А. Автореферат: Основы построения арифметических устройств и инженерное решение арифметического узла вычислительной машины М-2. – М.: МЭИ, 1958 (ксерокопия).
2. Карцев М. А. Введение в докторскую диссертацию. Рукопись, черные чернила, тетрадь в клетку. Середина 1960-х гг.
3. Michael A. Kartsev ON THE STRUCTURE OF MUFTIPROCESSOR SYSFEMS. Михаил А. Карцев Статья: Структура микропроцессорных систем. – Б.М., 1971–1972. – С. 559–564 (на английском языке, ксерокопия).
4. Карцев М. А. Статья (черновой вариант): Многопроцессорные системы. – М., НИИВК, автограф, 1970-е годы.
5. Карцев М. А. Сообщение на пленуме Координационного комитета АН СССР по вычислительной технике. Опыт использования ЭВМ М-10 для решения крупных научных задач и перспективы развития векторных ЭВМ. – М., НИИВК, 26.04.1982 (ксерокопия).

6. Карцев М.А. Списки научных трудов. — М., НИИВК, 02.03.1983 (машинопись, автограф).

Авторские свидетельства на изобретения

1. Авторское свидетельство № 277857 на изобретение «Ассоциативное запоминающее устройство» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 1 л., ил. 22 мая 1970 г.
2. Авторское свидетельство № 297070 на изобретение «Устройство для управления оперативной памятью» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 2 л., ил. 14 декабря 1970 г.
3. Авторское свидетельство № 308428 на изобретение «Цифровая арифметическая система» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 4 л., ил.; 18 апреля 1971 г.
4. Авторское свидетельство № 314207 на изобретение «Устройство для связи в вычислительной системе» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 2 л., ил., 11 июня 1971 г.
5. Авторское свидетельство № 330450 на изобретение «Однотактное цифровое арифметическое устройство» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 11 л., ил., 3 декабря 1971 г.
6. Авторское свидетельство № 362578 на изобретение «Вычислительная система» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 7 л., ил., 25 сентября 1972 г.
7. Авторское свидетельство № 366473 на изобретение «Устройство для прерывания программ» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 1 л., 28 октября 1972 г.
8. Авторское свидетельство № 419894 на изобретение «Вычислительная система» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 2 л., ил., 20 ноября 1973 г.
9. Авторское свидетельство № 495659 на изобретение «Устройство для связи процессора с устройствами ввода-вывода» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения — 4 л., ил., 22 августа 1973 г.

10. Авторское свидетельство № 556709 на изобретение «Вычислительная система» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения – 9 л., ил., 7 января 1977 г.
11. Авторское свидетельство № 561966 на изобретение «Вычислительная система для обработки чисел и многомерных векторов» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения – 2 л., ил., 22 февраля 1977 г.
12. Авторское свидетельство № 714397 на изобретение «Устройство для формирования адреса команд» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения – 2 л., ил., 15 октября 1979 г.
13. Авторское свидетельство № 738458 на изобретение «Многопроцессорная вычислительная система» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения – 9 л., ил., 7 февраля 1980 г.
14. Авторское свидетельство № 938284 на изобретение «Устройство для побитовой обработки чисел, представленных в форме с плавающей запятой» с описанием изобретения; авторы: Карцев Михаил Александрович и др. Описание изобретения – 9 л., ил., 23 февраля 1982 г.

Переписка

1. Пospelов Г. С., чл.-корр. АН СССР, письмо д. т. н. М. А. Карцеву. Приглашение на семинар, посвященный актуальным проблемам процессов управления и ВТ. М. АН СССР, Отделение механики и процессов управления. 18.05.1978 (спецбланк, ксерокопия).
2. Карцев М. А., д. т. н., Ответ на письмо Пospelова Г. С. Согласие на участие в семинаре. – М., НИИВК.
3. Марчук Г. И., академик. Письмо д. т. н. Карцеву М. А. с просьбой принять участие в конференции «Параллельное программирование и высокопроизводительные системы». – Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1979.
4. Карцев М. А., д. т. н., ответ на письмо Марчука Г. И. Согласие на участие в конференции. 22.02.1979.
5. Басов Н. Г. Письмо в Президиум Верховного совета РСФСР. Ходатайство о присвоении Карцеву М. А. звания «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР». – М., Физический институт им. П. Р. Лебедева. 25.03.1983.

Материалы о фондообразователе

1. Блок Георгий. Очерк: электронные математики. О первых разработках ЭВМ серии М Карцева М. А. и др. // Юность. — М.: Правда, Союз писателей СССР, 1956. — № 6. — С. 93–101 (отдельный оттиск, фотокопия, репринт).
2. ОАО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева». Пригласительный билет на заседание Научно-технического совета, посвященное 80-летию со дня рождения М. А. Карцева, в конверте. 15 мая 2003 г.

Материалы других лиц

1. Либуркин. Дополнения к исходным данным на разработку запоминающих устройств изделия 5Э66. — М., НИИВК. 1969 г.

Деятельность НИИВК им. М. А. Карцева

1. НИИВК, комсомольцы. Летопись трудовой славы НИИВК. Об истории создания и научной деятельности НИИВК. — М., НИИВК, 1985.

Печатные издания

1. Михаил Александрович КАРЦЕВ — выдающийся конструктор отечественных вычислительных комплексов. Проект «История инженерной мысли России» / науч. рук. серии Л. М. Кожина, науч. рук. проекта Г. Г. Григорян, авт.-сост. Л. В. Иванов, Ю. В. Рогачев, В. М. Карцев, М. Э. Смолевицкая. — М., 2003 — 84 с.: ил. — (Научно-популярная серия «Российские инженеры»).
2. К 80-летию со дня рождения Михаила Александровича Карцева // Радиопром-сть. — 2003. — Спец. выпуск. — 16 с.: ил.
3. Регистратор параметров движения поездов метрополитена / ОАО «Науч.-исслед. инт вычислит. комплексов им. М. А. Карцева (НИИВК)». — М., 2003. — 1 л.: ил.
4. Регистратор-вычислитель полетных перегрузок для маневренных самолетов / ОАО «Науч.-исслед. ин-т вычислит. комплексов им. М. А. Карцева (НИИВК)». — М., 2003. — 1 л.: ил.
5. БАРС-2. Бортовой аварийный регистратор для самолетов легкомоторной авиации / ОАО «Науч.-исслед. ин-т вычислит. комплексов им. М. А. Карцева (НИИВК) — М., 2003. — 1 л.: ил.
6. Прибор контроля и анализа параметров промышленных агрегатов / ОАО «Науч.-исслед. ин-т вычислит. комплексов им. М. А. Карцева (НИИВК)». — М., 2003. — 1 л.: ил.

7. Защита приборов и аппаратуры. Устройства электронной защиты: буклет / ОАО «Науч.-исслед. ин-т вычислит. комплексов им. М. А. Карцева (НИИВК)». — М., 2003. — 1 л., сложенный в 3 раза.
8. Рубежи обороны — в космосе и на земле. Очерки истории ракетно-космической обороны / авт.-сост. Н. Г. Завалий. — М.: Вече, 2003. — 752 с.: ил.

Фотографии

Фотографии монохромные

1. Михаил Карцев в детстве. 1920-е гг. — 5 ед. хр.
2. Военные фотографии Михаила Карцева. 1941–1946 гг. — 5 ед. хр.
3. Фотографии студенческих лет М. Карцева. Конец 1940-х — начало 1950-х гг. — 9 ед. хр.
4. «Ст. инженер М. А. Карцев у пульта ЭВМ». Портрет в полный рост. 1952 г.
5. М. А. Карцев у пульта управления ЭВМ М-2. Репродукция из журнала «Юность». — М.: Правда, 1956. — № 6. — С. 98.
6. М. А. Карцев. Портрет погрудный. 1958 г.
7. М. А. Карцев с сыном на отдыхе в Михайловском. 1969 г. — 2 ед. хр.
8. Стройплощадка здания НИИВК. 1960-е гг.
9. М. А. Карцев в день своего 50-летия принимает поздравления. Групповой портрет в полный рост. 1973 г.
10. М. А. Карцев получает в подарок памятную медаль в день своего 50-летия. Групповой портрет в полный рост. 1973 г.
11. Михаил Карцев у себя дома. Портрет поясной. Октябрь 1976 г.
12. М. А. Карцев с фотоаппаратом. Портрет в полный рост. 1970-е гг.
13. Директор М. А. Карцев на торжественном заседании при вручении сотрудникам НИИВК правительственных наград. 1978 г. — 2 ед. хр.
14. М. А. Карцев в рабочем кабинете (НИИВК). Портрет поясной. Конец 1970-х гг. — 3 ед. хр.
15. М. А. Карцев. Портрет поясной. Надпись: «В день 30-летия Победы над фашизмом». 1975 г.
16. М. А. Карцев принимает поздравления от коллег в связи с присуждением ему Ордена Ленина. Съемка в НИИВК, 1978 г.
17. М. А. Карцев, директор НИИВК, выступает на торжественном собрании, посвященном награждению его орденом Ленина. 1978 г. — 3 ед. хр.
18. М. А. Карцев принимает поздравления от его коллеги и друга Н. Я. Матюхина в связи с присуждением ему ордена Ленина. Съемка в НИИВК, 1978 г.

19. М. А. Карцев в подмосковном лесу. Портрет погрудный. Конец 1970-х гг.
20. М. А. Карцев. Портрет погрудный. 1980 г. — 2 ед. хр.
21. М. А. Карцев. Портрет погрудный. 1980е гг. — 3 ед. хр.
22. М. А. Карцев. Портрет поясной. Съемка в московской квартире. 1979—1980 гг.
23. М. А. Карцев с внуком. Портрет поясной. Декабрь 1981 г. — 2 ед. хр.
24. Друзья, родственники и соратники М. А. Карцева на его могиле. Середина 1980-х гг.

Фотография цветная

25. Колонный зал. Награждение НИИВК орденом Трудового Красного Знамени. 1986 г.

Фотографии ЭВМ серии М

26. Титульный лист Отчета по работе Автоматической цифровой вычислительной машины М-1. М., Энергетический институт им. Т. М. Кржижановского, лаборатория энергосистем АН СССР. 1951 г.
27. Первая программа, выполненная на ЭВМ М-1. М., Энергетический институт им. Т. М. Кржижановского, лаборатория энергосистем АН СССР. 1951 г.
28. Логический элемент ЭВМ М-1 на базе купросных выпрямителей. М., Энергетический институт им. Т. М. Кржижановского, лаборатория энергосистем АН СССР. 1951 г.
29. ЭВМ М-1. Общий вид. Разработана под руководством И. С. Брука М. А. Карцевым и Н. Я. Матюхиным. М., Энергетический институт им. Т. М. Кржижановского, лаборатория энергосистем АН СССР. 1951 г. — 3 ед. хр.
30. ЭВМ М-4. Общий вид. Разработана под руководством М. А. Карцева. М., Энергетический институт им. Т. М. Кржижановского, лаборатория энергосистем АН СССР. 1951 г.
31. ЭВМ М-13. Пульт управления. Центральное устройство управления. Разработана под руководством М. А. Карцева в НИИВК. 1982 г.
32. ЭВМ М-13. Общий вид. Постоянная память. Монтаж ЭВМ М-13. Разработана под руководством М. А. Карцева в НИИВК. 1982 г. Фотографии цветные. — 3 ед. хр.

8.2. Личный фонд М. А Карцева в музее НИИВК

Вещевой фонд

1. Памятная медаль НИИВК от ГПТП в связи с 10-летием создания института. Медаль бронзовая круглая на подставке в виде трапеции, медаль может вращаться. На аверсе: по кругу — «Научно-исследовательскому институту вычислительных комплексов от ГПТП», в центре — цифра 10 и букет из гвоздик.
2. Сувенир в виде мифологической птицы на металлической подставке золотистого цвета, внутри шар из камня черного цвета.
3. Памятная медаль: 80 лет М. А. Карцеву в футляре (медный сплав); на аверсе: по кругу надпись «Карцев Михаил Александрович 2003»; в центре: портрет М. А. Карцева и надпись «80 лет»; на реверсе: «Выдающийся ученый Главный конструктор суперЭВМ 1923—1983».

Документальный фонд

БИОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Переводы с английского языка, выполненные М. А. Карцевым для ВИНТИ, 1950-е гг. — 20 ед. хр.
2. Явочный лист членов Ученого совета ИНЭУМ на заседание Совета по присвоению ученого звания с. н. с. М. А. Карцеву, 9 июня 1959 г.
3. Приказ по ИНЭУМ АН СССР об утверждении М. А. Карцева зав. лаб. № 2, подпись И. С. Брука; 4 января 1961 г.
4. Выписка из приказа № 14/к ИНЭУМ о назначении М. А. Карцева нач. отд. спец. разработок; 26 января 1965 г.
5. Выписка из приказа № 123 ЦНПО «Вымпел» об объявлении благодарности М. А. Карцеву за хорошую работу; 17 декабря 1974 г.
6. Выездное дело Карцева М. А. (для поездки в Швейцарию); июнь 1971 г.
7. Почетная грамота за лучший доклад, прочитанный на первой научно-технической конференции ЦНПО «Вымпел» «Информационные и управляющие системы», 10 декабря 1975 г.
8. Справка отдела кадров НИИВК, выданная М. А. Карцеву; 1979 г.
9. Временное удостоверение, выданное М. А. Карцеву Черемушкинским РВК г. Москвы, на льготы для участников ВОВ; 09.04.1979 г.
10. Характеристика производственно-общественной деятельности Карцева Михаила Александровича, 20.10.81.
11. Характеристика тов. Карцева Михаила Александровича «Директора Научно-исследовательского института вычислительных комплексов Центрального научно-производственного объединения “Вымпел”

Министерства радиопромышленности СССР (выдана для рассмотрения вопроса о присвоении звания “Заслуженный деятель науки и техники РСФСР”)), 29.03.83.

12. Ходатайство от МРП СССР в Президиум Верховного Совета РСФСР о присвоении почетного звания «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР» М. А. Карцеву.
13. Отзыв о поддержке ходатайства от МРП СССР о присвоении почетного звания «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР» М. А. Карцеву.
14. Текст на смерть М. А. Карцева, 23.04.83.
15. Стихотворение «Памяти нашего дорогого Михаила Александровича Карцева», 23.04.83.
16. Телеграммы на смерть М. А. Карцева, 1983 г. — 3 ед. хр.
17. Траурная книга с записями, сделанными в день похорон М. А. Карцева, апрель 1983 г.

Научная деятельность

1. Главный программный датчик автоматической цифровой вычислительной машины. Пояснительная записка к дипломному проекту студента радиотехнического факультета МЭИ М.А. Карцева; автографы А. Б. Залкинда, Н. Я. Матюхина, М. А. Карцева, 1952, 118 л.
2. Рабочая тетрадь с расчетами по вычислительным комплексам, списки литературы, рукопись, 1958 г.
3. Рабочая тетрадь XIII (рукопись докторской диссертации), 1966 г., 12 л.
4. Рабочая тетрадь. На обложке рисунок и надпись «Бланк СССР», 24 л.
5. Рабочие материалы, рукопись, 31 л.
6. Предложения по созданию вычислительных средств для обработки экспериментальной информации, рукопись, 9 л.
7. Первые статьи Брука И. С. и Карцева М. А. по вычислительной технике, машинопись, начало 1950-х гг. — 4 ед. хр.
8. Карцев М. А. «Проблемы создания многомашинных вычислительных систем», машинопись, конец 1960-х гг., 31 л.
9. «Логические методы ускорения умножения в цифровых вычислительных машинах». Статья в журнале «Проблемы кибернетики», вып. 4, М., 1960. — С. 111–120, отдельный оттиск (2 экз.)
10. «Принцип подвижных блокировок при построении схем электронных цифровых машин». Доклады АН СССР, т. 135, № 5, 1960, С. 1064–1067.

11. Курс электронных цифровых машин. Аннотация к предполагаемой книге по курсу ЭЦВМ, 1960 г., 4 л.
12. Книга «Арифметика цифровых вычислительных машин». Рукопись. 1960 г., 188 л.
13. Рабочая тетрадь, заметки об ЭВМ М4, М4М и М42М (5Э71), 1965 г.
14. Некоторые вопросы построения вычислительных средств для систем контроля космического пространства и систем раннего обнаружения баллистических ракет. Опыт создания электронных управляющих машин М4, М4М и 5Э715Э73. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Радиотехнический институт АН СССР, 1966 г., 25 л.
15. Некоторые вопросы построения вычислительных средств для систем контроля космического пространства и систем раннего обнаружения баллистических ракет. Опыт создания электронных управляющих машин М4, М4М и 5Э715Э73. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР, Институт электронных управляющих машин, Москва, 1966 г., 208 л.
16. Письмо М. А. Карцеву от академика В. М. Глушкова о докладе Карцева «Вопросы построения многопроцессорных вычислительных систем», 31 августа 1970 г.
17. Краткое содержание доклада Карцева «О построении многопроцессорных вычислительных систем» на конгрессе IFIP71 на английском языке, 1970 г.
18. Документы по Конгрессу IFIP71 в Любляне:
 - Перечень документов и средств к отправке в адрес оргкомитета IFIP71, 22.04.71.
 - Письмо М. А. Карцева Председателю Программного комитета конгресса IFIP-71 академику В. М. Глушкову об отправке доклада «О построении многопроцессорных систем» на русском и английском языках, 24 ноября 1970 г.
 - Регистрационная карта участника конгресса.
 - Гостиничная карта участника конгресса.
 - Задание по командировке М. А. Карцева на международный конгресс IFIP71, июль 1971 г.
 - Характеристика на М. А. Карцева для поездки на международный конгресс IFIP71 от Ленинградского РК КПСС г. Москвы от 22 апреля 1971 г., 1 л.
 - Медицинская справка М. А. Карцеву для поездки на конгресс, июль 1971 г., 1 л.

19. Письмо М. А. Карцеву на английском языке об опубликовании его статьи «On the structure of multiprocessor systems» в Proceedings of IFIP, 1971 г., 1 л.
20. Карточка, подтверждающая получение Карцевым письма об опубликовании его статьи «On the structure of multiprocessor systems» в Proceedings of IFIP (на английском языке), 1971 г., 1 л.
21. Письмо М. А. Карцеву об издании его статьи «On the structure of multiprocessor systems» в трудах конгресса IFIP 28.09.71.
22. Michael A. Kartsev «On the structure of multiprocessor systems» Information processing 71 — NorthHolland Publishing Company — Amsterdam (1972), 1972 г., 3 л.
23. Отзыв о значении трудов М. А. Карцева для коммунистического строительства в СССР (для избрания т. Карцева членом-корреспондентом АН СССР по специальности «Процессы управления» (Отделение механики и процессов управления)), 1971 г., 4 л.
24. Отзыв о значении трудов М. А. Карцева для коммунистического строительства в СССР от академика А. Л. Минца, 1971 г., 4 л.
25. Карцев М. А. «Вопросы построения многопроцессорных вычислительных систем». Статья в журнале «Вопросы электроники», серия «Электронная вычислительная техника», вып. 5, 1970, отдельный оттиск, авторский экземпляр.
26. Карцев М. А. «Соотношение характеристик запоминающих устройств для ЦВМ, работающей с разделением времени». Статья в журнале «Вопросы электроники», серия «Электронная вычислительная техника», вып. 7, 1973, авторский экземпляр с рабочими пометками.
27. Карцев М. А. «Сравнительный анализ структур ЭВМ в системах управления ускорителями», РТИ АН СССР, 1973 г.
28. Карцев М. А. Статья «Арифметическая операция» для Большой Советской Энциклопедии, 1 л.
29. Карцев М. А. статья «Принципы организаций параллельных вычислений, структуры вычислительных систем и их реализация» для журнала «Техническая кибернетика», 27.03.1979 г., 19 л.
30. Карцев М. А. «Общий алгоритм функционирования устройств УАС МПК», рукопись, 7 л.
31. Карцев М. А. Вычислительная машина М-10 // Доклады АН СССР. — 1979. — Т. 245. — № 2. — С. 309—311; 1979. — л. 3.
32. Карцев М. А. «Архитектура электронных вычислительных машин», рукопись, середина 1970-х гг., 608 л.
33. Карцев М. А. «Устройство абонентского сопряжения», рукопись, конец 1970-х гг., 314 л.

34. Примеры задач, которые решались на ЭВМ М-10.
 - М. А. Березовский, М. Ф. Иванов, И. В. Петров, В. Ф. Швец. Моделирование плазменной кинетики методом частиц на синхронной многопроцессорной ЭВМ «М-10». Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау АН СССР. Препринт, Черногоровка, 1980. – 16 с.
 - Карцев М. А. «Одной из актуальных задач современной физики плазмы». Рукопись. – 8 л.
 - «Двумерная динамическая задача теории упругости» – 4 л.
 - «Дифракция волн на периодической поверхности».
35. Карцев М. А. «Принципы организации параллельных вычислений, структуры вычислительных систем и их реализация» (19 л.), 1981 г.
36. Статья в журнале «Кибернетика». – 1981. – № 2 – С. 68–73 (3 экз., 19 л.).
37. Список научных трудов М. А. Карцева (2 экз., 5 л.), 1972 г.
38. Список научных трудов М. А. Карцева (3 экз., 7 л.), 04.07.80.
39. Список научных трудов М. А. Карцева (4 экз., 7 л.), 19.03.82.
40. Карцев М. А. Альбом «Практические работы в области создания современных средств вычислительной техники», фотографии, рисунки, текст; 10 января 1979 г.
41. Представление о выдвижении М. А. Карцева для избрания членом-корреспондентом АН СССР (6 ед. хр.) в отдельной специальной папке АН СССР:
 - Представление о выдвижении М. А. Карцева для избрания членом-корреспондентом АН СССР от ЦНПО «Вымпел», 19 ноября 1976 г., 2 л.
 - Представление о выдвижении М. А. Карцева для избрания членом-корреспондентом АН СССР от РТИ АН СССР и НИИВК в Президиум АН СССР, 1976 г.
 - Решение Ученого Совета войсковой части 03425 о выдвижении М. А. Карцева для избрания членом-корреспондентом АН СССР, 19 ноября 1976 г., 2 л.
 - Личный листок по учету кадров М. А. Карцева с фотографией, 18 ноября 1976 г., 2 л.
 - Представление о выдвижении М. А. Карцева для избрания членом-корреспондентом АН СССР от НИИВК в Академию наук СССР, ноябрь 1976 г.
 - Кандидат в члены-корреспонденты АН СССР по специальности «Процессы управления» Карцев Михаил Александрович – 7 ед. хр.

- Выписка из решения НТС РТИ АН СССР о поддержке выдвижения М. А. Карцева в члены-корреспонденты АН СССР, 21 октября 1981 г., 1 л.
- Характеристика М. А. Карцева для выдвижения в члены-корреспонденты АН СССР (15 ед. хр.), 1981 г., 2 л.
- 42. Отзывы М. А. Карцева на рукописи статей и книг с 1960-х по 1980-е гг. — 31 ед. хр.
- 43. Отзывы М. А. Карцева на диссертационные работы с 1960-х по 1980-е гг. — 10 ед. хр.
- 44. Преподавательская деятельность М. А. Карцева — 2 ед. хр.
- 45. Переписка М. А. Карцева — 15 ед. хр.

Служебная деятельность

1. М. А. Карцев — главный конструктор:
 - Комплексный эскизный проект «Аврора». Раздел II, часть IV, том I. 19 апреля 1967 г., 121 л.
 - Вычислительный комплекс М-9 («Октябрь»). Книга I. Пояснительная записка. 1967 г.
 - Электронная цифровая вычислительная машина особо высокой производительности 66И6 (краткие сведения). Предприятие п/я М5489, Москва, 1975, 20 л.
2. Справка секретарю Черемушкинского РК КПСС о работах института, 29.09.1975.
3. Протокол № 1 заседания оргкомитета по проведению научно-технического семинара «Многопроцессорные вычислительные комплексы», 7 июля 1977 г.
4. Протокол расширенного заседания партбюро НИИВК от 17.11.83.
5. План работы Президиума и секций НТС НИИВК на 1978 г., автограф Карцева — 3 ед. хр.

Материалы о фондообразователе

1. Михаил Александрович Карцев — основатель НИИВК. Альбом с фотографиями и текстом: биография, научная и служебная деятельность, 40 л.
2. М. А. Карцев. Текст подготовлен группой соратников М. А. Карцева, проработавших с ним многие годы, 1983 г., 12 л.

Материалы других лиц

1. Матюхин Н. Я. Рецензия на рукопись книги М. А. Карцева «Архитектура цифровых вычислительных машин», 3 л.

Изобразительный фонд

1. Карцев М. А. Портрет поясной, масло, разм.: 45 × 55 см, середина 1980-х гг.
2. Карцев М. А. Портрет-барельеф погрудный в бронзе, 40 × 60 × 50 см, конец 1980-х гг.
3. Карцев М. А. Фотографии черно-белые, 1950–1980-е гг. — 60 ед. хр.
4. Фотографии ЭВМ серии М, созданных под руководством М. А. Карцева, черно-белые и цветные — 50 ед. хр.

*Приложение***Информация на страницах Интернета**

О Михаиле Александровиче Карцеве и его разработках упоминается в Интернете более чем на 30 сайтах. На сайте Виртуального компьютерного музея при компьютерном еженедельнике PC WEEK/RE (<http://www.computermuseum.ru>) в разделе «Отечественные инженеры и конструкторы» размещены две статьи о Карцеве: «Краткий биографический очерк» и «От первых ЭВМ до суперкомпьютеров». В разделе «История отечественной вычислительной техники» можно получить достаточно подробную информацию о вычислительных машинах, которые разрабатывались под непосредственным руководством М. А. Карцева. Это специализированные ЭВМ М-4, М-10 и М-13.

На сайте «Войска ракетно-космической обороны» (proprokko.narod.ru) рассказывается о применении ЭВМ М. А. Карцева для управления радиолокационными станциями в реальном масштабе времени.

Так как Михаил Александрович Карцев окончил Московский энергетический институт, то о нем достаточно подробно упоминается в статье И. В. Василькевича и В. В. Топоркова «Отечественная школа вычислительной техники и кафедра ВТ МЭИ: К 50-летию первого выпуска инженеров» (vt.mpei.ac.ru).

Студенты кафедры ИУ-4 МГТУ им. Н. Э. Баумана, создавшие Музей компьютерной техники (museimi.iu4.bmsturu/heroes) при своей кафедре, также уделили достаточно внимания машинам М. А. Карцева.

Книгу М. А. Карцева «Архитектура цифровых вычислительных машин» можно прочитать на сайте Научной библиотеки Томского государственного университета (sun.tsu.ru).

Небольшая статья о М. А. Карцеве размещена в виртуальном Музее истории отечественных компьютеров (www.uic.bashedu.ru/konkurs/

tarhov/russian). Данный проект реализован при финансовой поддержке Института Открытое общество (фонд Сороса).

На сайте «История развития информационных технологий в Украине» (www.icfest.kiev.ua/MUSEUM/PHOTOS/Kartsevl_r.html) также есть информация о М. А. Карцеве и его вкладе в развитие вычислительной техники в СССР.

Наверное, невозможно обнаружить все сайты Интернета, на которых имеется информация о Михаиле Александровиче Карцеве. На запрос «Карцев, ЭВМ» (чтобы исключить других Карцевых) Google дал 527 637 результатов.

Литература

1. Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1993. Вып. 2. 90 с. (ПМ 265554/3).
2. Рогачев Ю.В. Вычислительная техника от М-1 до М-13 (1950–1990). – М.: НИИВК, 1998. 102 с., ил. (НВФ 035143).
3. Малиновский Б. И. История вычислительной техники в лицах. – Киев: КИТ: АСК, 1995. С. 212–232.
4. Устройства абонентского сопряжения ЭВМ М-13: техн. описание – М.: НИИВК им. М.А. Карцева. 13 с. (НВФ 035189).
5. Байков С. М., Кислинский В. А., Латышов А. А. Подсистема ввода-вывода ЭВМ М-13 // Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1990. Вып. 10. С. 21–25.
6. Бочин Б. И., Латышов А. А., Мельник Ю. Н. Три аспекта развития подсистемы ввода-вывода // Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. 1990. Вып. 10. С. 70–73.
7. Рубежи обороны – в космосе и на земле. Очерки истории ракетно-космической обороны / авт.-сост. Н. Г. Завалий. М.: Вече, 2003. 752 с., ил.
8. Мухтарулин В. С., Рогачев Ю. В. От первых ЭВМ до суперкомпьютеров // PCWeek/RE. 2003. № 15. С. 34.
9. Рогачев Ю. В., Смолевицкая М. Э. Михаил Александрович Карцев – выдающийся конструктор отечественных вычислительных комплексов // История науки и техники. 2003. № 4. С. 2–8.

Глава 9

ОТ ПЕРВЫХ ЭВМ ДО СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

По заключению Российского национального подкомитета IEEE Computer Society, компьютерная информатика в России, в СССР началась с работ И. С. Брука. Он был одним из первых ученых, положивших начало развитию цифровой электронной вычислительной техники в нашей стране. Его с полным основанием можно считать человеком, который в конечном счете подготовил предпосылки для создания и нашего Научно-исследовательского института вычислительных комплексов, поскольку под его научным руководством выросла целая плеяда крупных ученых — специалистов в области вычислительной техники. Среди них был и Михаил Александрович Карцев — основатель НИИВК.

В правом крыле дома № 18 на Ленинском проспекте, на первом этаже которого размещалась возглавляемая членом-корреспондентом АН СССР И. С. Бруком лаборатория электросистем Энергетического института АН СССР, начинались первые шаги по освоению нового направления науки и техники — создания электронных цифровых вычислительных машин. В августе 1948 г. И. С. Брук при участии своего сотрудника, инженера Б. И. Рамеева, разработал проект цифровой элек-



Ленинский пр-т, 18

тронной машины. Примерно в это же время они представили заявку на изобретение автоматической цифровой вычислительной машины и более десяти заявок на изобретение составных частей такой машины. 4 декабря 1948 г. Государственный комитет Совета Министров СССР по внедрению передовой техники в народное хозяйство зарегистрировал под № 10475 авторское свидетельство по их заявке. Это первый официально зарегистрированный документ в истории вычислительной техники в нашей стране. 4 декабря стало днем рождения российской информатики.

В начале 1950 г. Брук подготовил проект постановления Президиума АН СССР с поручением разработать автоматическую электронную цифровую вычислительную машину в лаборатории электросистем ЭНИН. Этот проект на заседании Президиума АН СССР был рассмотрен, и 22 апреля 1950 г. Президент АН СССР С. И. Вавилов его утвердил. Постановлением предусматривалось финансирование работы и выделение дополнительного штата в лабораторию специально для разработки АЦВМ. Так в апреле 1950 г. в доме № 18 началось проектирование и изготовление первой в СССР автоматической цифровой вычислительной машины АЦВМ М-1, в которой для построения логических схем использовались полупроводниковые элементы.

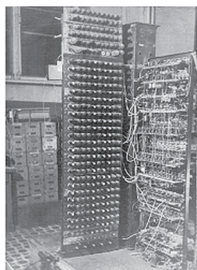
АЦВМ М-1

В состав АЦВМ М-1 входили арифметический узел, главный программный датчик (устройство управления), внутренняя память двух видов (быстрая — на электростатических трубках и медленная — на магнитном барабане), устройство ввода-вывода с использованием телеграфной буквопечатающей аппаратуры. В марте 1951 г. все стойки были полностью укомплектованы блоками. Арифметический узел к этому времени был автономно отлажен и выполнял операцию сложения в автоматическом режиме.

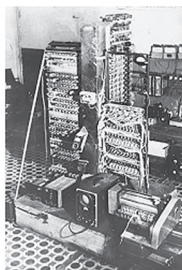
Основные разработчики М-1: Н. Я. Матюхин, М. А. Карцев, Т. М. Александриди, А. Б. Залкинд, Ю. В. Рогачев, Р. П. Шидловский, Л. М. Журкин.

В начале апреля 1951 г. работы по созданию М-1 рассматривались комиссией Президиума Академии наук СССР. Распоряжением Президиума АН СССР было отмечено успешное выполнение работ.

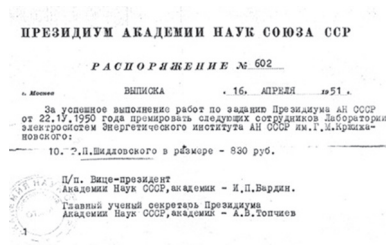
В декабре 1951 г. на АЦВМ М-1 были проведены сдаточные испытания, и директор Энергетического института АН СССР академик Г. М. Кржижановский 15 декабря 1951 г. утвердил научный отчет. Машина была введена в эксплуатацию в режиме круглосуточной работы.



Вид АУ с лицевой
стороны



Вид со стороны
магнитного
барабана



На ней решали свои задачи электроэнергетики и теплотехники ЭНИН, ученые других академических институтов АН СССР, решал задачи ядерных исследований академик С. Л. Соболев и др. В лаборатории электросистем М-1 работала три года. В конце 1954 г. И. С. Брук передал ее на кафедру вычислительной техники МЭИ.

ЭВМ М-2

Работы по созданию вычислительных машин продолжались. В 1952 г. в лаборатории И. С. Брука, уже под руководством М. А. Карцева, была создана быстродействующая ЭВМ М-2.

Изготовление и сборка машины производились непосредственно в лаборатории. Некоторые элементы изготавливались по договорам на опытных производствах институтов АН СССР. В 1953 г. М-2 была введена в постоянную эксплуатацию и непрерывно работала около 15 лет. Она имела ту же производительность, что и ЭВМ «Стрела» (2000 операций в секунду), и БЭСМ в первый период эксплуатации.

Основные разработчики: М. А. Карцев (рук.), В. В. Бельнский, А. Б. Залкинд, Т. М. Александриды, Ю. А. Лавренюк, Л. С. Легезо, В. Д. Князев, Г. И. Танетов, А. И. Щуров.

В 1956 г. лаборатория электросистем выделилась из состава ЭНИН, и на ее базе в АН СССР была образована Лаборатория управляющих машин и систем (ЛУМС АН СССР). Пришло много способной молодежи. М-2 была усовершенствована: в состав машины было введено первое в Советском Союзе ферритовое запоминающее устройство матричного типа объемом 4096 двоичных 36-разрядных чисел, что повысило технические характеристики и удобство эксплуатации машины.

На машине М-2 решали свои задачи многие научные институты и проектно-конструкторские организации: Институт атомной энергии, Институт теоретической и экспериментальной физики, Физический институт АН СССР, Центральный институт прогнозов, Государственный астрономический институт им. Штейнберга, МАИ, Институт нефти, газа и химии им. Губкина, физический и механико-математический факультеты МГУ, «Стальпроект», «Проект стальных конструкций» и многие другие.

Велись расчеты для фирмы Акселя Ивановича Берга. Были проведены порученные специальным распоряжением Правительства расчеты прочности плотин строившихся тогда Куйбышевской и Волжской гидроэлектростанций. Эти расчеты вел Институт механики АН СССР.

ЭВМ М-4

К 1957 г. в Радиотехническом институте АН СССР под руководством академика А. Л. Минца завершалась разработка аппаратуры двух полигонных образцов радиолокационных станций: станции метрового диапазона ЦСО-П (центральная станция обнаружения — полигонная) и станции дециметрового диапазона ЦСО-С (центральная станция обнаружения — сопровождения). Для решения вопросов автоматизации управления станциями и автоматической обработки их информации требовалась цифровая вычислительная техника.

Зная о создании под руководством И. С. Брука электронных вычислительных машин М-1, М-2 и М-3, А. Л. Минц обратился к нему с предложением начать разработку электронной цифровой машины для автоматического управления работой и обработки информации радиолокационных станций ЦСО-П и ЦСО-С.

Согласие было получено. 26–29 декабря 1957 г. техническое задание на разработку машины утвердили И. С. Брук и А. Л. Минц. Машине было присвоено наименование ЭВМ М-4.

С 1 января 1958 г. началось проектирование машины. Руководство разработкой М-4 было поручено М. А. Карцеву. Основные разработчики: Г. И. Танетов, Л. В. Иванов, Р. П. Шидловский, Ю. В. Рогачев, Г. И. Смирнова, Е. Н. Филинов, Р. П. Макарова, Е. С. Шерихов, В. П. Кузнецова.

В апреле 1958 г. вышло Постановление Совета Министров СССР № 389185, которым ЛУМСу поручалась разработка, а Загорскому электромеханическому заводу — изготовление электронной управляющей машины для экспериментального комплекса РТИ.

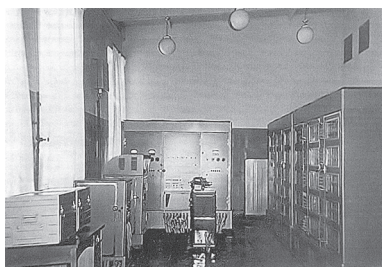
В апреле 1958 г. разработка конструкторской документации завершилась. М-4 была одной из первых в СССР машин, построенных на базе отечественных транзисторов и полупроводниковых диодов. Среднее быстроедействие М-4 составляло 20 тыс. операций в секунду (50 тыс. сложений или вычитаний в секунду, 15 тыс. умножений в секунду, 5,2 тыс. операций деления или извлечения квадратного корня в секунду).

Полный комплект документов был передан на Загорский электромеханический завод. Туда же направилась группа основных разработчиков для авторского сопровождения освоения производства машин.

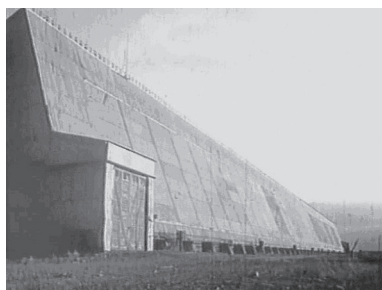
На этом этапе Постановлением Президиума АН СССР № 413 от 27.07.1958 ЛУМС АН СССР была преобразована в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ АН СССР).

Для продолжения работ по машине М-4 в ИНЭУМ под руководством М. А. Карцева сформировалась специальная лаборатория № 2, в состав которой вошло 30 сотрудников.

Летом 1960 г. завод изготовил и поставил в Радиотехнический институт два комплекта устройств машины М-4 для комплексной стыковки. После завершения комплексной стыковки устройств в начале 1961 г. первый комплект М-4 был направлен для совместной работы с полигонной РЛС ЦСО-П. Туда же был командирован и основной состав специальной лаборатории № 2.



ЭВМ М-4



РЛС ЦСО-П

Состыкованная с машиной М-4 РЛС ЦСО-П 17 сентября 1961 г. впервые обнаружила и сопровождала цели.

9 июля 1962 г. были успешно завершены испытания машины М-4. «Акт комиссии по проведению испытаний ЭУМ М-4 действующего макета технического комплекса» утвердили руководители: от ИНЭУМ – И. С. Брук, от РТИ – А. Л. Минц, от Министерства обороны – М. И. Трофимчук.

За время существования РЛС ЦСО-П на полигоне (до конца 60-х годов) был проведен большой комплекс работ по совершенствованию аппаратуры, отработке элементов модернизации. РЛС работала по пу-

скам отечественных ракет, наблюдала за запусками наших космонавтов, участвовала в операциях, во время которых проверялась работа средств обнаружения и сопровождения ракет в условиях воздействия ядерных взрывов.

Постановлением Правительства планировался запуск М-4 в серийное производство на Загорском электромеханическом заводе.

ЭВМ М-4М

Второй комплект машины М-4 предназначался для управления и обработки информации полигонного образца РЛС ЦСО-С дециметрового частотного диапазона. Для этого требовалась предварительная обработка поступающей информации. В январе 1961 г. руководство Радиотехнического института АН СССР вышло с предложением создать вычислительный комплекс, включающий дополнительно к ЭВМ М-4 устройство первичной обработки сигналов (УПО).

Функциональная схема УПО предусматривала наличие широкоформатных регистров, которые обеспечивали параллельную обработку до 16 радиолокационных сигналов. Устройство содержало переключатель секторов, преобразователь кодов, накопитель, пороговое устройство, устройство перекодирования, устройство определения координат, буферную память и другие. Все оборудование предстояло разместить в одном типовом шкафу конструкции М-4.

Руководство разработкой УПО возлагалось на Ю. В. Рогачева. Участники разработки: А. Т. Валикова, В. Я. Рожавский, В. И. Никитин, В. М. Емелин, Е. Н. Аболина, С. Г. Виноградов. Полный комплект конструкторской документации шкафа УПО в октябре 1961 г. был передан Загорскому заводу. В марте 1962 г. шкаф УПО был смонтирован, полностью укомплектован блоками и субблоками и поставлен под настройку в доме № 18 по Ленинскому проспекту, где находились и шкафы со вторым комплектом машины М-4.

Началась настройка УПО, устройств второго комплекта М-4 и их стыковка уже в составе ЭВМ М-4М. На этом этапе в работе приняли участие молодые специалисты Л. Я. Миллер и Л. И. Лушпин. В 1963 г. машина М-4М была отлажена и отправлена на объект в район озера Балхаш для совместной работы с РЛС ЦСО-С, где находился и первый комплект машины М-4. Обе машины находились в эксплуатации на объекте до 1966 г.

М4-2М, М4-3М, СВУ-71, СВУ-72

В ноябре 1962 г. вышло постановление Правительства о запуске машины М-4 в серию. Главным конструктором был назначен М. А. Карцев, заместителями главного конструктора — Ю. В. Рогачев, Л. В. Иванов, Р. П. Шидловский. М. А. Карцев обосновал возможность и предложил разработать для серийного производства вместо М-4 новую машину с более высокими техническими характеристиками, архитектура которой сможет обеспечить не только управление РЛС, но и решение задач на всех уровнях территориальной системы ПРН, и представил проект технического задания.



ЭВМ 5Э71

В марте 1963 г. Распоряжением Комиссии по военно-промышленным вопросам (ВПК) в развитие ранее принятого постановления Правительства ИНЭУМ поручалась разработка новой машины. Новая машина обозначалась как ЭВМ М4-2М.

В конструкторской документации заказчик присвоил трем ее модификациям по комплектации обозначения ЭВМ 5Э71, 5Э72 и 5Э73.

В сентябре 1963 г. на Загорский электромеханический завод была передана конструкторская документация на машину. Под ответственность главного конструктора М. А. Карцева М4-2М (мод. 5Э71) запускалась в серийное производство без макетирования и изготовления экспериментального образца. В августе 1964 г. ЗЭМЗ изготовил и поставил под настройку два первых образца машины. В декабре 1964 г., меньше чем через два года после выхода постановления Правительства, семь комплектов машин были поставлены в места эксплуатации.

Так началось оснащение стратегической системы страны СПРН средствами вычислительной техники.

Разворачивался широкий фронт работ. Увеличилась и численность коллектива. Под руководством М. А. Карцева был образован отдел специальных разработок, в состав которого вошли лаборатории № 2, 3, 4, 5 и 6 (руководители Ю. В. Рогачев, Л. В. Иванов, Р. П. Шидловский, Е. В. Гливенко, Ю. Н. Мельник). Основные разработчики: Л. З. Либуркин, И. Н. Ушаков, Г. И. Танетов, В. А. Брик, Р. П. Макарова, В. А. Лазарев, А. А. Кудинов, Г. М. Кабаенкова, Б. И. Слипченко, Б. Л. Квин, Е. С. Шерихов, Л. Д. Степанов, Е. И. Цибуль, В. В. Грязнов, А. Ю. Карасик.

Первые РЛС «Днепр», применявшие для управления и обработки информации ЭВМ 5Э71, были развращены в 1966–1968 годах в Казахстане и Сибири (узлы ОС-1 и ОС-2). В 1968 г. успешно прошел испытания радиолокационный комплекс контроля космического пространства из восьми РЛС «Днепр», создавших сплошной радиолокационный барьер протяженностью 5000 км на высотах до 3000 км.

В 1968–1972 гг. для обеспечения сплошного поля надгоризонтного обнаружения на всех основных направлениях были возведены радиолокационные узлы в Прибалтике, на Кольском полуострове, в Крыму, Казахстане и Сибири. Основным вооружением этих узлов стали разработанные в Радиотехническом институте РЛС «Днепр» с вычислительными комплексами, построенными на базе ЭВМ 5Э72.

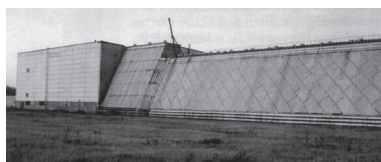
Для командных пунктов радиолокационных узлов была создана система внешних устройств СВУ-79-1, в состав которой входила внешняя память ВП-79 на магнитных барабанах, разработанная в ОКБ ЗЭМЗ, и абонентская система АС-79-1 с устройствами ППК-79 (прием информации с перфокарт), ВПК-79 (вывод информации на перфокарты) и ПЧ-79 (печать на АЦПУ-128-2М). Предназначалась СВУ-79-1 для совместной работы с ЭВМ 5Э72.

Для командного пункта всей системы предупреждения о ракетном нападении были разработаны дополнительно к ЭВМ 5Э73 внешний вычислитель ЭВМ М4-3М (условное обозначение 5Э79) и система внешних устройств СВУ-79-2.

СВУ-79-2 включала, кроме внешней памяти и абонентской системы АС-79-1, еще две абонентские системы: АС-79-2 с устройствами ВИО-79 (выдача информации отображения на экраны пульты), РПУ-79 (связь с системой автоматической передачи данных), АС-79-3 с устройствами УИС-79 (синхронизация), УИВ-79 (выдача информации в однопроводный шлейф), УИП-79 (прием информации из однопроводного шлейфа) и УИТ-79 (телеграфная связь)



РЛС «Днепр»



РЛС «Днепр»

В 1969 г. был завершен первый этап создания системы предупреждения о ракетном нападении. На пяти радиолокационных узлах и командном пункте системы с 1965 по 1969 г. было введено в эксплуатацию свыше 50 ЭВМ М4-2М и М4-3М, соединенных в единую вычислительную сеть каналами передачи данных длиной в десятки тысяч километров.

Вычислительный комплекс М-9

Успешный ход работ по созданию вычислительной сети СПРН позволил М. А. Карцеву в 1966 г. приступить к теоретическим исследованиям архитектур многопроцессорных вычислительных систем.

По классификации М. А. Карцева имеется четыре типа таких систем. Система первого типа, асинхронная, предполагает наличие независимого потока команд у каждого процессора системы. Система второго типа, синхронная, предполагает возможность синхронизации и далее синхронного выполнения команд каждым процессором системы (режим «партитуры» программ). Система третьего типа, с общим управлением, использует один поток команд для всех процессоров системы с возможностью задания разных кодов операции разным группам процессоров системы. Система четвертого типа, с общим кодом операции, задает один общий код операции для всех процессоров системы.

Проведенные исследования позволили М. А. Карцеву разработать архитектуру многопроцессорной вычислительной системы комбинированного типа и вычислительного комплекса ВК М-9 с производительностью не менее одного миллиарда операций в секунду.

Идеей ВК М-9 заинтересовался член-корреспондент АН СССР Г. В. Кисунько. Состоялось несколько технических совещаний у М. А. Карцева, в которых приняли участие ведущие специалисты отечественной науки и техники. Было принято решение разработать эскизный проект ВК М-9 и представить его в рамках комплексного эскизного проекта системы ПРО «Аврора» генерального конструктора Г. В. Кисунько, который разрабатывался в ОКБ «Вымпел».

В августе 1967 г. была завершена разработка эскизного проекта ВК М-9.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 03.05.1967 № 387-144 отдел спецразработок Института электронных управляющих машин был переведен в Министерство радиопромышленности СССР. Эта дата и является точкой отсчета существования института.

В августе 1967 года приказом Министра радиопромышленности В. Д. Калмыкова (от 22.08.1967 № 464) этот отдел с наименованием

Филиал № 1 ОКБ «Вымпел» включался в состав 14-го главного управления МРП, получив юридическую самостоятельность. Директором назначается М. А. Карцев, главным инженером — Ю. В. Рогачев.

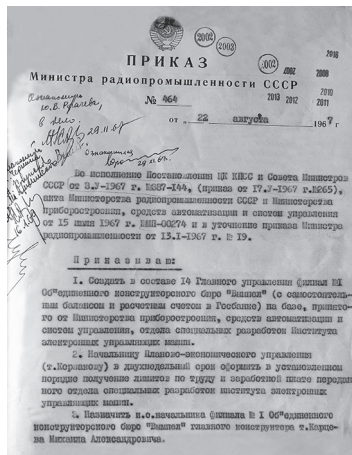
Экспериментальный образец ЭВМ М-10

В развитие постановления правительства от 29.09.1969 приказом Министра радиопромышленности разработка вычислительных средств для КП СПРН была возложена на Филиал № 1 ОКБ «Вымпел», а изготовление — на Загорский электромеханический завод. Предстояло разработать ЭВМ М-10, устройство сопряжения с аппаратурой КП и построить вычислительный комплекс. Главным конструктором был назначен М. А. Карцев, заместителями главного конструктора — Ю. В. Рогачев, Л. В. Иванов, А. А. Крупский, Л. Я. Миллер, Р. П. Шидловский. Заказчик присвоил машине М-10 шифр 5Э66, устройству сопряжения — 5К34, а вычислительному комплексу — 5К31.

Основные разработчики: Л. Д. Баранов, Г. И. Смирнова, Б. И. Калягин, В. Н. Затогина, М. С. Белков, В. С. Иванова, Л. И. Лушпин, В. М. Златников, В. А. Кислинский, Г. Н. Петрова, Н. Е. Геништа, В. М. Емелин, Е. Н. Аболина, Н. И. Галкин, С. А. Лебедев, И. И. Климов, В. Н. Зенин, Б. Н. Соловьев, И. И. Вахновецкий, А. П. Смирнов, М. И. Чельдиев, С. Е. Поздняков, А. П. Шадрин, Б. И. Бочин, А. Г. Коновалов, И. А. Латышов, Г. Н. Пусенков, В. А. Колосов, Л. Д. Степанов и др.

Поскольку коллектив Филиала № 1 ОКБ «Вымпел» выполнял работы, связанные только с Радиотехническим институтом, приказом Министра радиопромышленности от 4 февраля 1970 г. он был переименован в Филиал РТИ.

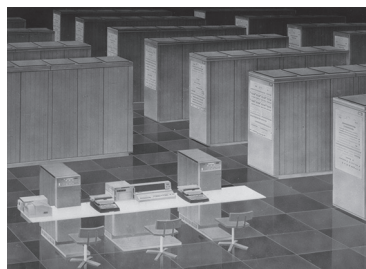
Перед создателями машины М-10 была поставлена довольно сложная задача: построить ЭВМ с быстродействием не менее 5 млн операций в секунду, с внутренней памятью не менее 5 Мбайт, скоростью внешнего обмена не менее 500 млн бит/с, скоростью реакции на внешние сигналы при работе в реальном масштабе времени 10–20 мкс и высокой надежностью.



Копия приказа № 464

**Основные технические характеристики
ЭВМ М-10:**

Среднее быстродействие	5,1 млн. оп/с
Общий объем внутренней памяти	5 Мбайт
Оперативная память первого уровня	0,5 Мбайт
Постоянная память	0,5 Мбайт
Оперативная память второго уровня	4 Мбайта
Пропускная способность мультимплексного канала	более 6 Мбайт/с (при одновременной работе 24 дуплексных направлений)
Емкость буферной памяти мультимплексного канала	64 Кбайт
Система прерывания программ	72-канальная с пятью уровнями приоритетов
Обеспечивается одновременная работа 8 пользователей на восьми математических пультах	



ЭВМ М-10

В ноябре 1969 г. началась разработка конструкторской документации на устройства машины М-10. В июне 1970 г. полный комплект конструкторской документации был передан заводу для подготовки производства. Всего один год и 9 месяцев потребовалось для разработки, согласования и передачи на завод конструкторской документации: в сентябре 1971 г. завод получил полный комплект документации на машину и устройство сопряжения.

Руководство Загорского электромеханического завода с высокой ответственностью отнеслось к изготовлению ЭВМ М-10. Большой вклад в освоение производством этой машины внесли В. Г. Попов, А. Г. Шишилов, К. В. Агафонов, В. М. Нейман, Л. И. Борисов, И. И. Наумов, А. И. Голубев, Ю. Н. Успенский, В. Н. Пахомов, В. А. Мушников, В. С. Мухтарулин, Е. А. Лопатин, Г. И. Корнилов и другие. Уже в 1972 г. Радиотехнический институт получил полный комплект устройств экспериментального образца машины для комплексной стыковки. В ноябре 1973 г. экспериментальный образец ЭВМ М-10 выдержал испытания на соответствие требованиям технических условий.

ЭВМ М-10, 5Я34, ВК 5К31, КП СПРН

К сентябрю 1973 г. завершилась поставка на объект для КП СПРН всех устройств первого серийного образца ЭВМ М-10 и устройства 5Я34, а уже в декабре машина в комплексе устойчиво работала по функциональным тестам. Первый комплект ЭВМ М-10 из состава вычислительного комплекса 5К31 вместе с математическим обеспечением прошел испытания на соответствие требованиям технических условий в феврале 1974 г. Начался новый этап — опытная эксплуатация машины.

В это время велась отладка рабочих программ СПРН программистами НТЦ ЦНПО «Вымпел» и стыковка с аппаратурой объекта. Активное участие в вводе в эксплуатацию машин и техническом обслуживании

их в процессе опытной эксплуатации принимали специалисты ГПТП. Самоотверженная работа коллективов позволила к концу 1975 г. вплотную подойти к завершающему этапу — государственным испытаниям. В 1976 г. на командном пункте СПРН в Солнечногорске ЭВМ М-10 и вычислительный комплекс 5К31 в составе трех ЭВМ М-10 и трех устройств сопряжения 5Я34 успешно выдержал государственные испытания и был поставлен на боевое дежурство.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР группе участников создания ЭВМ М-10 была присуждена Государственная премия СССР. В числе удостоенных звания лауреатов Государственной премии были: от НИИВК — заместители главного конструктора Л. В. Иванов, А. Ю. Карасик, А. А. Крупский, Л. Я. Миллер, Ю. В. Рогачев, Р. П. Шидловский, от НТЦ ЦНПО «Вымпел» — Л. П. Акимов, от ЗЭМЗ — А. Г. Шишилов и В. А. Мушников, от ГПТП — И. Н. Ярыгин, от заказчика — А. В. Гармато и И. М. Саввин. Главный конструктор М. А. Карцев был награжден орденом Ленина. Высокие правительственные награды получили 118 сотрудников НИИВК.

Успехи в работе по созданию ЭВМ М-10 способствовали дальнейшему развитию материальной базы. Во второй половине 1973 г. началось строительство лабораторного корпуса на улице Академика Волгина. В декабре 1974 г. первая очередь строительства была закончена. Полностью строительство было завершено в 1975 г.

Наличие в создании собственных производственных площадей позволило привести в соответствие с реальным положением и статус коллектива. В соответствии с Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 14.04.1975 № 301-103 и Приказом Министра радиопромышленности от 05.05.1975 Филиал РТИ ЦНПО «Вымпел» был преобразован в Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК).

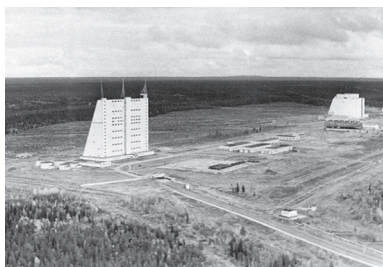
ЗВМ М-10, 5Я35, ВК 5Э52, система УС-К

4 февраля 1971 г. вышло еще одно постановление Правительства о создании на базе ЭВМ М-10 вычислительного комплекса 5Э52 для обработки информации космической системы УС-К — системы обнаружения специальным спутником стартов баллистических ракет по их факелам. Эта космическая система составляла первый эшелон СПРН. Постановлению предшествовало несколько технических совещаний у М. А. Карцева с участием генерального конструктора УС-К А. И. Савина и его заместителей К. А. Власко-Власова, В. Г. Хлибко, Ц. Г. Ли-

товченко. На этих совещаниях и было определено, что ЭВМ М-10 будет обеспечивать решение задач космической системы. Для стыковки вычислительного комплекса с аппаратурой системы предстояло разработать специальное устройство сопряжения 5Я35.

В 1982 г. вычислительный комплекс 5Э52 успешно выдержал совместные испытания и был введен в штатную эксплуатацию в составе космической системы УС-К.

ЭВМ М-10, ВК 63И6, РЛС «Дарьял» в Печоре



РЛС «Дарьял»

Работы по наращиванию вычислительных средств для СПРН продолжались. Создавался вычислительный комплекс 63И6 для радиолокационной станции «Дарьял» главного конструктора В. М. Иванцова. В состав этого комплекса дополнительно к ЭВМ М-10 включались новые устройства: АС-1 — абонентская система, ДКС — диспетчер каналов

связи, УН — устройство управления накопителями на магнитных дисках и ленте, 64К6 — специализированное устройство сопряжения с аппаратурой станции, 63К6 — пульт управления комплексом.

В эксплуатацию первая линейка ВК 63И6 вместе с математическим обеспечением была принята в 1977 году. На ней круглосуточно с восемью математических пультов программисты Радиотехнического института и Ленинградского производственно-технического предприятия вели отладку рабочих программ РЛС «Дарьял» и стыковку с аппаратурой станции. В полном объеме (в составе трех линеек) ВК 63И6 был введен в эксплуатацию в 1980 г. Государственные испытания ВК 63И6 проходили весной 1983 г. в режиме совместной работы с радиолокационной станцией.

ЭВМ М-10М. Моделирующий стенд НИИВК

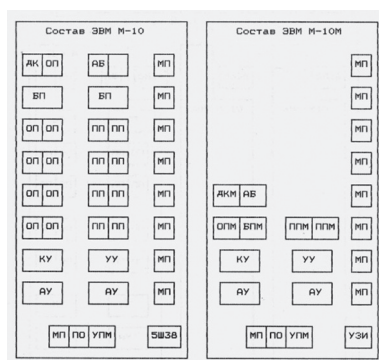
Одновременно с работами на объектах в институте продолжались исследования по дальнейшему развитию средств вычислительной техники. Наиболее актуальными в тот момент были поиски возможностей создания новых запоминающих устройств с повышенной плотностью хранения информации. Исследования, проведенные в этом направлении, дали положительные результаты, Комиссия Совета Министров СССР (ВПК) своим решением поддержала предложение главного кон-

структора М. А. Карцева о проведении разработки новых запоминающих устройств для ЭВМ М-10.

В качестве носителей информации в оперативной памяти первого уровня (ОПМ) использовались интегральные схемы. В постоянной памяти (ППМ) использовались магнитные сердечники с диаметрными отверстиями, обеспечивающие неразрушающее считывание информации. В оперативной памяти второго уровня (БПМ) использовались, как и в первом варианте, ферритовые сердечники, но значительно меньшего размера. Все новое оборудование устройств внутренней памяти разместились в четырех типовых шкафах.

Вычислительная машина, укомплектованная новыми запоминающими устройствами, получила название ЭВМ М-10М и обозначение в конструкторской документации — «изделие 66И6». ЭВМ М-10М стала первой вычислительной машиной, которую институт получил в свое собственное распоряжение. Доукомплектованная устройствами ДКС, АБ-1 и УН, она явилась основой моделирующего стенда института. Наличие ЭВМ с такими техническими характеристиками и объемами памяти дало возможность решить ряд крупных научных задач, разработать и отладить несколько версий операционных систем математического обеспечения, создать программы автоматизации проектирования.

М. А. Карцев стремился обеспечить доступ к использованию ЭВМ М-10М моделирующего стенда НИИВК широкому кругу ученых и программистов. Он понимал, что эти машины могут принести огромную пользу в научных исследованиях при выполнении наиболее сложных научно-технических расчетов, которые в то время не могли быть выполнены ни на одной отечественной машине не только из-за более низкого быстродействия, но и из-за значительно меньшей емкости внутренней памяти. Он добился разрешения на публикацию материалов об ЭВМ М-10, активно способствовал установлению связей с организациями, нуждавшимися в высокопроизводительной технике, в том числе и с институтами АН СССР. По его инициативе на машине М-10М моделирующего стенда НИИВК были проведены особо сложные научные расчеты: по механике сплошной среды (в 40–45 раз быстрее, чем на БЭСМ-6 для



Состав устройств М-10 и М-10М

вариантов программы, размещающейся в ОЗУ БЭСМ-6, и в сотни раз быстрее для реальных вариантов). Впервые в мире на модели были получены данные по явлению коллапса в плазме, чего не удалось сделать на СДС-7600 в США. Часть этих результатов была опубликована в докладах АН СССР (т. 245, 1979, № 2, с. 309–312), трудах XV международной конференции по явлениям в ионизированных газах (Минск, июль 1981 г.), докладах на европейской конференции в Москве осенью 1981 г.

В начале 80-х годов для физиков стала острой необходимостью обработки результатов физического эксперимента с использованием отечественной пузырьковой камеры (разработка ИТЭФ АН СССР, руководитель — доктор технических наук, профессор С. Я. Никитин).

Совместно с сотрудниками ИТЭФ было спроектировано периферийное устройство приема и ввода информации в устройство памяти в режиме реального времени, которое изготовил ЗЭМЗ (сверх плана). Специалисты НИИВК разработали высокопроизводительные параллельные алгоритмы анализа изображений снимков пузырьковой камеры.

Аналогичные задачи в эти же годы решались в Центральном европейском научном центре (ЦЕРН) на американской суперЭВМ СДС-7700.

По оценкам Института прикладной математики АН СССР, быстродействие ЭВМ М-10М на 64-разрядном формате превосходило БЭСМ-6 (48 разрядов) в 3,6–4,6 раза, ЭВМ ЕС-1060 — в 3–5,6 раза, ЭВМ «Эльбрус 1-1» (48 разрядов) — в 2,4 раза.

ЭВМ М-10М. СВ 65И6. РЛС Дон-2НП

В 1975 г. вышел приказ Министра радиопромышленности с поручением НИИВК разработать на базе ЭВМ М-10М спецвычислитель для изделия 5Н20-П (условное обозначение РЛС Дон-2НП), создаваемого в Радиотехническом институте имени А. Л. Минца.

Спецвычислитель включал в свой состав две ЭВМ М-10М и два специальных многоканальных устройства 67К6, предназначенных для формирования условной обстановки и отработки взаимодействия РЛС Дон-2НП и МВК «Эльбрус-2».

В 1978 году в Радиотехническом институте имени А. Л. Минца завершилась разработка РЛС Дон-2Н, и началось строительство головного образца Дон-2Н в Подмосковье и полигонного образца Дон-2НП в Сары-Шагане.

НИИВК в 1977 г. передал полный комплект документации Загорскому электромеханическому заводу для изготовления. В 1979 г. завод поставил на объект в Сары-Шагане два комплекта СК 67К6 и ЭВМ М-10М.

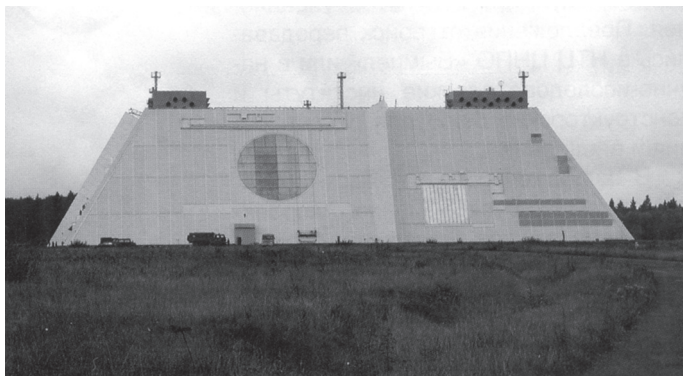
Стыковку с РЛС обеспечивало устройство СК. Подготовка конструкторской документации и разработка СК выполнялись в отделе 40. В работе участвовали Г. Н. Пусенков, М. Д. Чирков, В. Д. Чирков, С. В. Егоров, А. В. Дерновой, А. А. Ильин, Н. Н. Дынин, В. Т. Хмелевский. Группой математиков-программистов (А. К. Барыбин, А. В. Садов, В. Н. Басманов, В. М. Розенберг, Г. Н. Петрова и др.) была разработана мультипрограммная операционная система реального масштаба времени, ориентированная на оптимальное решение задач, возложенных на спецвычислитель в составе РЛС «Дон-2НП». В 1980 году спецвычислитель 65И6 в составе двух линеек выдержал проверку на соответствие техническим условиям совместно с операционной системой. Кроме указанных разработчиков в работах на объекте принимали участие И. Н. Ушаков, В. И. Корабчевский и программисты — разработчики операционной системы.

В 1982 г. спецвычислитель 65И6 вместе с программным обеспечением прошел испытания и был введен в эксплуатацию для совместной работы с МВК «Эльбрус-2» и РЛС «Дон-2НП».

В 1978 г. в Подмоскowie вблизи поселка Софрино-1 началось строительство головной радиолокационной станции «Дон-2Н».

В 1980 г. начались работы по установке, монтажу и наладке оборудования. В 1989 г. станция была принята на вооружение, а в 1996 г. поставлена на боевое дежурство в составе системы ПРО Центрального промышленного района А-135.

«Дон 2Н» — стационарная многофункциональная радиолокационная станция кругового обзора сантиметрового диапазона, является центральным элементом системы ПРО Москвы. Она предназначена для



РЛС Дон-2Н

контроля за космическим пространством над Россией и соседними странами, производит обнаружение баллистических ракет и обеспечивает их уничтожение. РЛС «Дон-2Н» способна обнаружить цель на высоте 40 тыс. км. Дальность обнаружения головной части межконтинентальной ракеты — 3700 км. Точность определения дальности — 10 м. Может сопровождать до сотни объектов и наводить на них до нескольких десятков противоракет.

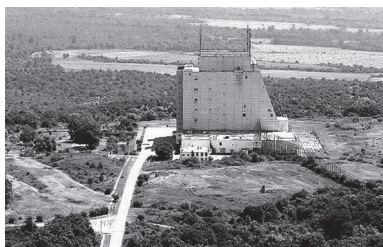
Конструктивно «Дон-2Н» представляет собой четырехгранную усеченную пирамиду высотой 33–35 м.

Информация для оценки конечных результатов:

В проведенном в 1996 г. эксперименте по очистке космоса от «мусора» американский шаттл Discovery выбросил в космос шесть металлических шаров. Шары в течение нескольких месяцев оставались на орбите, и в это время за ними следили американские радары и российская РЛС «Дон-2Н». Примечательно, что шары размером 15 и 10 см (по два шара каждого размера) смогли заметить и отследить все станции, участвовавшие в эксперименте. Два пятисантиметровых шарика удалось засечь только российским военнотружущим.

ЭВМ М-10-М. ВК 68И6

ЭВМ М-10М являлась основой вычислительных комплексов второй и последующих станций «Дарьял». Этим комплексам было присвоено обозначение ВК 68И6.



РЛС «Дарьял» в Габале

Поскольку в этих комплексах все оборудование, кроме ЭВМ, было таким же, как в ВК 63И6, а ЭВМ М-10 и М-10М программно совместимы, ввод их в эксплуатацию проходил достаточно гладко. Так, второй экземпляр РЛС «Дарьял» с ВК 68И6 в Габале успешно выдержал государственные испытания и был поставлен

на боевое дежурство в 1983 г., практически одновременно с первым экземпляром в Печоре.

Ответственным представителем института по вводу в эксплуатацию ВК 68И6 на объекте в Габале был В. Сайков. В работах принимали участие Л. Я. Миллер, К. Бабаджанян, Б. Чубыкин. Для решения возникающих вопросов при вводе программного обеспечения на объект был направлен программист И. Б. Хазанов. Много внимания этим работам уделял Е. С. Шерихов, который в мае 1983 г. был назначен главным ин-

женером НИИВК. Ввод в эксплуатацию второго объекта с РЛС «Дарьял» был отмечен присуждением авторскому коллективу Государственной премии СССР. В числе лауреатов этой премии был и главный инженер НИИВК Е. С. Шерихов. 15 сотрудников института получили высокие правительственные награды.

ЭВМ М-10М. ВК 17Л6

ВК 17Л6 предназначался для запасного командного пункта комплексной СПРН (главный конструктор Б. А. Головкин) и объединял работу шести ЭВМ М-10М, доукомплектованных абонентскими системами АБ-2. Основные работы по этому комплексу выполняли специалисты отдела 40 под руководством Г. Н. Пусенкова. Комплексную настройку и стыковку машин на объекте в основном выполняла бригада специалистов ГПТП, которую возглавлял А. Горгуль, получивший богатый опыт ввода в эксплуатацию машин М-10 на других объектах. От НИИВК по этому вычислительному комплексу вели работы Г. Н. Пусенков, М. Д. Чирков, В. Д. Чирков, Н. Н. Дынин, С. В. Егоров, А. В. Дерновой, В. И. Корабчевский. Здесь в опытную эксплуатацию впервые была введена волоконно-оптическая линия связи.

ЭВМ М-10М. ВК 70И6. ВК 76И6

Вычислительные комплексы 70И6 и 76И6 были установлены в Научном испытательном центре (НИЦ) МО. Эти комплексы вводились в эксплуатацию в основном офицерами войсковой части, которой командовал генерал М. М. Коломиец. Среди них были В. Н. Байбаков, А. В. Кузнецов, Н. П. Морозов, В. А. Кудряшов, В. Г. Ященко, О. Ф. Лысенко, В. В. Джанаев, М. А. Смовдоренко, В. Л. Правдивцев.

На всех этапах создания ЭВМ и вычислительных комплексов — при разработке конструкторской документации, изготовлении на заводах-изготовителях и вводе в эксплуатацию на объектах — творчески, без излишнего формализма решали возникающие вопросы представители заказчика Ю. Н. Тондрик, В. А. Кудряшов, В. К. Калачев, А. А. Поваляев, М. М. Ляпин, Б. Зорин и др.

Вычислительные комплексы, построенные на базе ЭВМ М-10 и М-10М, составили основу вычислительной сети второго этапа развития СПРН. В обработке информации этих узлов, а также космической системы обнаружения стартов ракет по факелам и командных пунктов было задействовано свыше 70 вычислительных машин, разработанных коллективом НИИВК.

ЭВМ М-13

К концу 1977 г. уже стало ясно, что идея многопроцессорных вычислительных машин стала реальностью, а машины М-10 подтвердили их широкие возможности.

Во время создания и эксплуатации РЛС «Дарьял» в Печоре и Габале инженерная мысль не стояла на месте. В Радиотехническом институте развертывалась работа по созданию усовершенствованной РЛС «Дарьял-У», а в НИИВК — по созданию для этой РЛС новой вычислительной машины четвертого поколения ЭВМ М-13. Работая над проектом этой машины, коллектив разработчиков опирался на опыт создания ЭВМ М-10 и вычислительных комплексов на ее основе. Этот опыт показывал, что конструкция новой машины должна быть более технологичной в изготовлении, удобной в эксплуатации и более гибкой в организации вычислительных систем в части комплексирования, производительности и сопряжения с источниками обрабатываемой информации.



Общий вид ЭВМ М-13

В 1979 году приказом министра П. С. Плешакова разработка ЭВМ М-13 была включена в план работы НИИВК. В 1980 г. вышло постановление Правительства о создании радиолокационной станции нового поколения «Дарьял-У» (главный конструктор А. А. Васильев). Для этой РЛС институту поручалась разработка вычислительного комплекса с использованием ЭВМ М-13. Главным

конструктором был утвержден М. А. Карцев. Определен и состав заместителей главного конструктора: Ю. В. Рогачев, Л. Я. Миллер, А. Ю. Карасик, Л. В. Иванов, Р. П. Шидловский, А. А. Крупский, Е. И. Цибуль.

Техническим заданием на вычислительный комплекс дополнительно к ЭВМ М-13 предусматривалась разработка специального процессора для цифровой обработки сигналов — процессора обработки функций (ПОФ). М. А. Карцев принял решение включить этот процессор непосредственно в состав ЭВМ М-13.

Основные принципы создания многопроцессорной векторной ЭВМ М-13 состояли в следующем:

- использование одноканальной синхронной базовой операции (наиболее часто встречающаяся в основной решаемой задаче операция,

поддержанная на аппаратном уровне в арифметическом процессоре ЭВМ);

- аппаратная поддержка параллельного выполнения всех операций управления (управление потоком команд, индексирование и базирование адресов обращения к памяти, операции над индексными и базовыми регистрами, поиск соответствующих математических и физических адресов, управление ресурсами);
- потактное синхронное централизованное управление (либо за счет «широкой» команды, либо за счет опережающего просмотра группы последовательных команд);
- векторизация структуры.

Векторизация структуры состоит в замене арифметического процессора на линию многоформатных арифметических процессоров, а также в замене обычной памяти на широкоформатную память. При этом многосвязный интерфейс внутренней памяти также становится широкоформатным, вводятся операции над векторами (массивами) под масками и операции над масками.

Проект ЭВМ М-13 предусматривал три базовые модели: М-13/10 (малая модель), М-13/20 (средняя модель), М-13/30 (большая модель), а также ряд их модификаций, различающихся комплектностью устройств памяти, дополнительных внешних устройств и др. Системы и устройства М-13 создавались на единой элементной, конструктивной и технологической базе, объединялись общими структурными решениями. Все модели строились по модульному принципу, используя одну и ту же номенклатуру элементов, ячеек и блоков. Переход от малой модели к средней и большой путем увеличения количества конструктивно самостоятельных единиц устройств (модулей).

М-13 являлась многопроцессорной векторно-конвейерной ЭВМ с конвейеризацией на уровне данных. В ней имелось векторное арифметическое устройство с параллельными перестраиваемыми конвейерными устройствами обработки, каждое из которых выполняло в данный момент в режиме конвейера одну и ту же операцию, но над различными операндами. В состав М-13 входила центральная процессорная часть, аппаратные средства поддержки операционной системы, подсистема ввода-вывода и специализированная процессорная часть.

Программная совместимость систем М-13 обуславливалась единым для всех моделей (исполнений) машинным языком и единым математическим обеспечением. В состав математического обеспечения входил режим работы в реальном масштабе времени, диалоговый режим разделения времени с предоставлением мониторов для создания, трансляции

и отладки программ на машинно-ориентированных (АВТОКОД М-13), проблемно-ориентированных (АЛГОЛ-60, ФОРТРАН, КОБОЛ) и универсальных (АЛГОЛ-68) языках.

Базовое программное обеспечение ЭВМ М-13 включало многофункциональную операционную систему, поддерживающую пакетный режим, режимы разделения времени и реального времени, систему программирования и отладки на ассемблере и систему технического обслуживания.

Основные технические характеристики ЭВМ М-13:

- эффективная производительность центральной процессорной части ЭВМ М-13 — от 10 до 50 млн операций в секунду в зависимости от исполнения;
- объем внутренней памяти — 8,5, 17 или 34 Мбайт;
- пропускная способность центрального коммутатора — 800, 1600 или 3200 Мбайт/с;
- пропускная способность мультиплексного канала — 40, 70 или 100 Мбайт/с;
- максимальное эквивалентное быстродействие специализированной процессорной части — 2,4 млрд операций в секунду.

В 1980 г. было принято Постановление Правительства СССР о строительстве для НИИВК нового лабораторного корпуса на Профсоюзной улице. Завершено строительство в 1985 г.

Серийное производство ЭВМ М-13 средней комплектации было начато на Загорском электромеханическом заводе в 1984 г. В июле 1986 г. НИИВК получил полный комплект устройств головного образца машины, и в конце того же года головной образец успешно выдержал испытания на соответствие техническим условиям и был введен в эксплуатацию. На нем велась отладка программного обеспечения и рабочих программ.



Корпус НИИВК на Профсоюзной улице



РЛС «Дарьял-У»

Вручение ордена Трудового Красного
Знамени в Колонном зале Дома
Союзов

С мая 1986 по декабрь 1988 г. завод изготовил и поставил на объект шесть комплектов машин М-13 вычислительного комплекса 4МПО для РЛС «Дарьял-У».

В 1991 г. ЭВМ М-13 успешно выдержала государственные испытания в составе вычислительного комплекса совместно с РЛС «Дарьял-У». Изготовление машин продолжалось и после 1991 г. Было изготовлено около двадцати этих ЭВМ.

Оценивая вклад коллектива в развитие вычислительной техники и отмечая его заслуги в создании вычислительных комплексов для системы предупреждения о ракетном нападении Президиум Верховного Совета СССР в 1986 г. наградил НИИВК орденом Трудового Красного Знамени.

Персональная ЭВМ «Агат»

С целью реализации Государственной программы компьютеризации школьного образования в 1982 г. в институте началась разработка персональной ЭВМ. В Советском Союзе это была первая попытка создания вычислительной машины такого класса. Разработка была поручена небольшой группе специалистов под руководством А. Ф. Иоффе. Силами монтажников института в 1982 г. методом проводного монтажа было изготовлено несколько комплектов персональных ЭВМ, получивших официальное название ПЭВМ «Агат». Это были первые изготовленные в СССР персональные ЭВМ.

Один комплект такой машины был передан Институту микрохирургии глаза С. Н. Федорова для опытной эксплуатации. На других комплектах программистами института отрабатывалось программное обеспечение машины и различные прикладные программы.

Весной 1984 г. ПЭВМ «Агат» была направлена в качестве экспоната на Ганноверскую международную выставку в ФРГ и, хотя оценка этой машины соответствовала уровню ее изготовления, тем не менее в зару-



«Агат-4» с монитором на базе ТВ «Шиялис»



«Агат-7» в металлическом корпусе с монитором на базе ТВ «Юность-404»



«Агат-7» в пластмассовом корпусе



«Агат-9» производства ЗЭМЗ

бежной печати было отмечено начало производства персональных ЭВМ в нашей стране.

Проведенные в 1982–1983 гг. работы по совершенствованию конструкции, ориентированной на использование новейших технологий, обеспечили возможность в 1984 г. начать промышленное изготовление ПЭВМ «Агат». Первым предприятием, освоившим серийное производство этой персональной ЭВМ, был Лианозовский электромеханический завод в Москве (директор К. В. Агафонов).

Сначала была выпущена первая установочная партия под индексом «Агат-4» в количестве около 100 комплектов, использовавшихся в некоторых школах и при написании программного обеспечения «Агата-4», в частности системы «Школьница» на базе языка РАПИРА.

В 1985 г. к изготовлению ПЭВМ «Агат» приступил и Волжский завод вычислительной техники. Затем подключились Ковылкинский, Загорский и Костромской электромеханические заводы.

К 1988 г. было произведено около 12 000 машин, за 9 месяцев 1989 г. — около 7000. Серийное производство «Агатов» осуществлялось вплоть до 1993 г.

В течение трех лет ПЭВМ «Агат» являлась практически единственной персональной ЭВМ, выпускаемой серийно в нашей стране и поступавшей в свободную продажу.

В процессе производства компьютер подвергся конструктивной модернизации. В соответствии с документацией подразумевались три варианта конфигурации серийного «Агата» под индексами 7, 8 и 9, отличающиеся объемом памяти и числом НГМД. Реально поставлялись только компьютеры варианта «Агат-7» с одним НГМД. Изредка поставлялись конфигурации, называемые «Агат-8» с двумя НГМД. Индекс «Агат-9» был использован для наименования совершенно новой разработки.

С целью привлечения к использованию персональных ЭВМ в практической деятельности НИИВК направлял комплекты ПЭВМ «Агат» многим научным, медицинским, учебным, хозяйственным и другим организациям для применения их в решении конкретных задач этих организаций. При необходимости направлялись и специалисты — разработчики ПЭВМ или программисты. Так, первыми пользователями

ПЭВМ «Агат» были: Вычислительный центр АН СССР, Сибирское отделение АН СССР, Институт общей физики АН СССР, Академия наук Киргизской ССР, Тартусский университет, Министерство гражданской авиации, Институт сердечной хирургии, 64-я городская больница (г. Москва), 78-я поликлиника и др. Этой машиной оснащались первые в стране классы по изучению вычислительной техники и информатики в общеобразовательных школах. Непосредственно НИИВК организовал и оснастил такие классы в подшефной школе № 113 и учебно-производственном комбинате (УПК) Черемушкинского района г. Москвы.

В 1993 г. институту было присвоено имя его основателя и первого директора — Михаила Александровича Карцева. В институте учреждена медаль М. А. Карцева за высокие достижения и премия имени М. А. Карцева для молодых ученых.



В УПК Черемушкинского района

Глава 10

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ШКОЛЫ М. А. КАРЦЕВА

В конце 70-х годов разработка ЭВМ нового поколения М-13 повышенной производительности выдвинула ряд дополнительных требований, накладываемых на электрические параметры межсоединений:

- получение высокоомного импеданса, обеспечение постоянства его величины для всех соединений;
- соблюдение более жестких норм по уровням потерь и помех в проводниках;
- последовательности соединения контактов для определенных видов связей.

Необходимость их удовлетворения была связана с заметным ростом конструктивных и технологических ограничений, выражаемых в предельно допустимых длинах проводников, количестве пересечений соединений, отсутствии теневых проводников в МПП. Это привело к усложнению требований при проектировании, выполнение которых требовало разработки специализированной САПР.

Анализ существовавших и доступных САПР (Рапира, ПРАМ-6 и др.) показал, что применяя их, невозможно реализовать поставленные задачи. Главным конструктором, директором НИИВК М. А. Карцевым была поставлена задача вновь созданному подразделению разработать САПР для проектирования ЭВМ М-13.

САПР ЭВМ М-13 строилась по традиционной схеме и включала следующие комплексы программ:

- контроль исходных данных;
- трассировка;
- оценка результатов проектирования;
- выпуск технологической документации (программы для изготовления МПП),
- выпуск конструкторской документации на ячейки и блоки.

САПР ЭВМ М-13 являлась основным инструментом проектирования МПП блоков и ячеек. Проектирование МПП ячеек производилось

по двум конструкциям. Первая конструкция представляла собой девятислойную структуру с односторонним расположением установочных элементов и изготавливалась по специализированной технологии сквозной металлизации отверстий.

Вторая конструкция МПП отличалась от первой тем, что в нее были введены два дополнительных логических слоя. Переход с первой конструкции на вторую производился автоматически, когда в результате проектирования на первой конструкции количество неразведенных связей оказывалось больше допустимой величины.

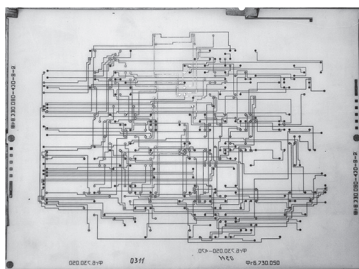
САПР ЭВМ М-13 была реализована на базе ЭВМ М-10.

Информационная связь между комплексами программ САПР осуществлялась посредством обработки как файлов, располагающихся в общих рабочих полях памяти, так и находящихся на машинных носителях. Время проектирования ячейки средней загруженности составляло 20-40 мин.

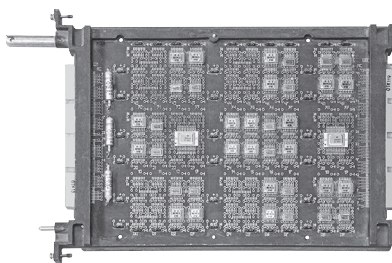
С помощью САПР ЭВМ М-13 было спроектировано около 700 типов МПП ячеек и 150 МПП блоков.

В дальнейшем была создана автоматизированная система выпуска конструкторской документации (КД) на ячейки и блоки ЭВМ М-13 на языке PL-1 ЕС ЭВМ. Комплекс программ обрабатывал входные данные и распечатывал на АЦПУ полный комплект конструкторской документации: спецификации, сборочные чертежи, электрические схемы и другие документы. Внедрение данного комплекса позволило автоматизировать и значительно ускорить процесс выпуска КД.

В разработке САПР ЭВМ М-13 принимали участие к. т. н. М. З. Бененсон, Г. А. Бурцева, к. т. н. Н. Е. Геништа, Г. И. Илюхина, к. т. н. В. А. Кислицин, Н. И. Кондратьева, к. т. н. Л. Т. Новиков, к. т. н. В. М. Розенберг, к. ф.-м. н. А. И. Суков, к. т. н. Р. В. Тверицкий.



Слой печатной платы



Ячейка ЭВМ М-13

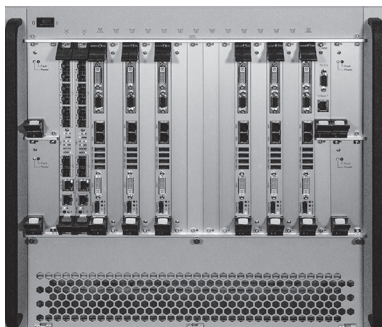
Разработки высокопроизводительных платформ

АО «НИИВК им. М. А. Карцева» было создано на базе одного из крупнейших разработчиков вычислительных комплексов Советского Союза – Научно-исследовательского института вычислительных комплексов (НИИВК).

Институт занимался разработкой вычислительных комплексов для первичной и вторичной обработки информации радиолокационных комплексов, входящих в СПРН, и командных пунктов КП СПРН. Так были созданы и введены в эксплуатацию вычислительные комплексы 5к31, 5э62, 6346 для РЛС 5Н20-П, ВК6846 для РЛС «Дарьял», ВК1716 для ЗКП СПРН, ВК7046 для НИЦ МО, ВК7646 для НИЦ МО (объекты: Рига, Мурманск, Мукачево, Севастополь, Мингечаур, Балхаш, Иркутск, Красноярск, Печора, Коломна, Павшино, Солнечногорск).

В этих системах впервые в мировой практике были использованы процессоры и программы параллельной обработки данных.

Продолжением этого направления в НИИВК стали разработки высокопроизводительных мультипроцессорных масштабируемых вычислительных платформ, в которых была применена самая современная элементная база и графические ускорители. Применение новых архитектурных решений позволило в стандартном 19-дюймовом крейте высотой 10U при потребляемой мощности менее 0,8 кВт получить пиковую производительность спецвычислителя более 1,2 Тфлопс. Результаты анализа применения спецвычислителя в ГАК «Л-01» и перспективных комплексах показывают, что на типовых алгоритмах изделия «Л-01» загрузка модулей спецвычислителя составляет менее 15 %, что позволяет использовать только два вычислительных модуля. Высокая производительность спецвычислителя позволяет использовать его как в качестве бортового универсального вычислителя, так и в качестве блока цифровой обработки сигналов.



В настоящее время в институте проводятся работы по повышению производительности и расширению круга задач, решаемых на спецвычислителе, за счет применения более производительных графических ускорителей и оптимизации процессов распараллеливания вычислений.

Использование высокопроизводительных мультипроцессорных си-

стем было взято за основу при разработке инструментального вычислительного комплекса (ИВК) для моделирования, разработки, настройки и испытания радиоэлектронных систем. Использование в ИВК высокопроизводительных модулей и широкая номенклатура контроллеров с разными типами входных и выходных сигналов позволило адаптировать ИВК для разработки АСУ и встроенных систем реального времени различного назначения, а также использовать ИВК в качестве испытательного стенда для проведения полунатурных испытаний.

На ИВК проводились работы по моделированию, разработке, настройке и испытанию бортовой электронной системы «БАРС-61» дистанционно пилотируемых летательных аппаратов. Система «БАРС-61» в настоящее время принята МВК и находится на объектах эксплуатации в действующих частях. Кроме того, проводилась разработка программного обеспечения для моделирования многоканальных гидроакустических систем, а также шумов с учетом помехосигнальной обстановки в реальном масштабе времени.

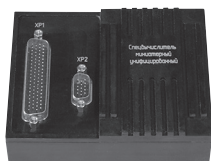
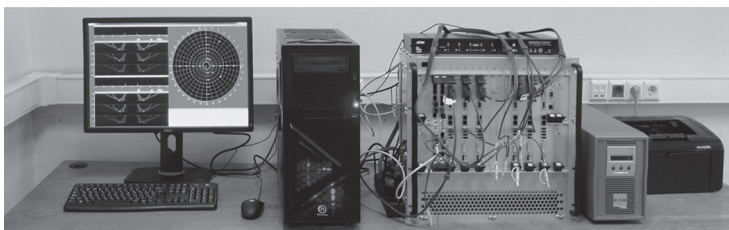
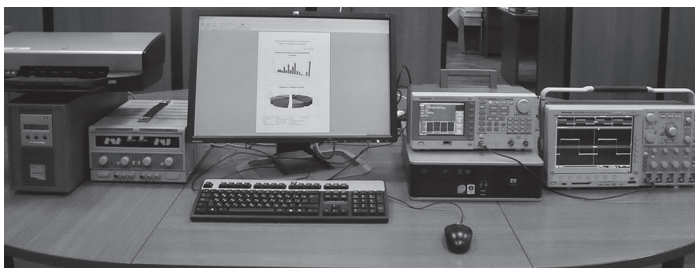
Универсальность архитектурных и схемных решений ИВК позволила использовать его для моделирования процессов горения в реактивных двигателях и отработки алгоритмов и программного обеспечения гидроакустических комплексов, в частности для поиска углеводородных залежей в шельфовых зонах океана. Кроме того, совместно с МГУ им. М. В. Ломоносова проводятся работы по раннему распознаванию предаварийных режимов работы ответственных динамических систем с целью заблаговременного выявления неисправностей аппаратуры и предотвращения аварийных ситуаций.

В зависимости от требований прикладных задач производительность ИВК может наращиваться от 600 Гфлопс до 2,9 Тфлопс в одной стандартной стойке с возможностью объединения аппаратных стоек и получения пиковой производительности 11 Тфлопс.

За последнее время институтом по федерально-целевым программам и прямым договорам с заказчиком разработаны:

1. система моделирования, проектирования, диагностики и испытания вычислительных комплексов высокой производительности;





2. высокопроизводительный реконфигурируемый программно-технический комплекс реального времени для систем специального назначения;

3. базовая контейнерная платформа для построения спецвычислителей различного назначения;

4. многофункциональная малогабаритная вычислительная платформа для жестких условий эксплуатации;

5. унифицированный миниатюрный спецвычислитель со сверхнизким энергопотреблением для гидроакустической аппаратуры геологоразведки и необслуживаемых объектов.

НИИВК на протяжении ряда лет сотрудничает с ОАО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» (г. Санкт-Петербург). За последнее время в соответствии с техническим заданием ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор» институтом разработаны и изготовлены опытные образцы блоков цифровой обработки и синтеза сигналов.

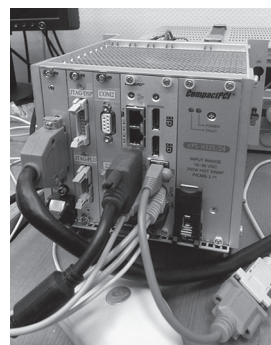
Кроме того, в рамках ФЦП ЭКБ по линии Минпромторга РФ институт провел разработку информационного комплекса объединения навигационных данных различного типа (радиолокационных, спутниковых, видео, плановых), что позволит создать объединен-

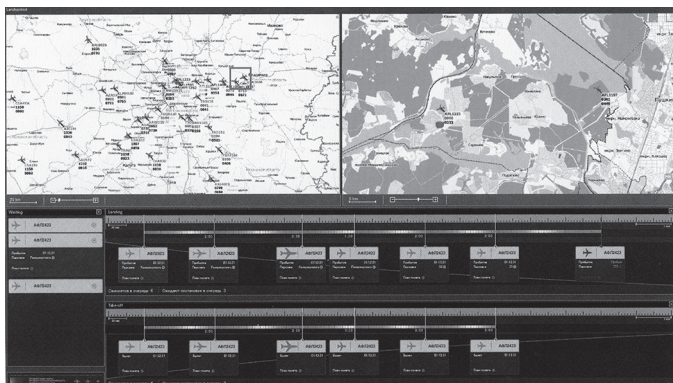
ное с Минобороны информационное поле движения объектов в воздушном пространстве.

В 2015 г. институт закончил разработку технического проекта по ОКР «Сирена ВКО» в части АПК полосы обнаружения, где были рассмотрены вопросы применения многоцелевой высокопроизводительной вычислительной платформы (МВВП), разработку которой институт проводит совместно с ЗАО «НПФ «ДОЛОМАНТ» по ФЦП ОПК со сроком окончания IV кв. 2017 г. (ОКР «Поток»).

На базе МВВП, в составе которой могут использоваться модули с различной архитектурой (x86, «Эльбрус», «Байкал», графические процессоры, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС)), можно создавать проблемно-ориентированные конфигурации за счет установки необходимого набора модулей для максимально эффективного решения задач, в том числе задач вторичной и третичной обработки информации.

При создании МВВП одной из целей являлось создание вычислительной платформы, удобной как для построения новых вычислительных систем под конкретную задачу пользователя, так и для применения в уже существующих вычислительных комплексах. Это





означает, что платформа должна соответствовать следующим требованиям: быть реконфигурируемой, масштабируемой и иметь возможность поддержки вычислительных средств различной архитектуры. Платформа, удовлетворяющая этим требованиям, способна стать основой для построения вычислительных систем широкого спектра применения и в то же время в частных случаях — для построения вычислителей, нацеленных на конкретную прикладную задачу.

В прикладном плане ставилась задача обработки радиолокационной информации в режиме жесткого реального времени, поступающей по каналам связи от разнородных специализированных информационных систем. Из опыта создания аналогичных вычислительных систем известно, что задачи обработки информации, получаемой от источников различного типа, являются наиболее ресурсоемкими с точки зрения требований, предъявляемых к вычислительным средствам. Исходя из этого, создаваемые вычислительные средства должны соответствовать следующим принципам:

- распределенные вычисления — уход от централизованных вычислений с использованием одного хоста, использование множества независимых равноправных вычислительных модулей различного функционального назначения, работающих с жесткой привязкой к временным меткам;
- конвейеризация — распределенные вычислительные модули строятся с применением конвейерных вычислений с минимизацией глубины конвейера;
- минимизация потоков обмена — применение алгоритмов работы вычислительных модулей, минимизирующих передачу данных между ними;
- организация структуры транзитных данных — использование алгоритмов реального времени, предполагающих пересечение большого

количества коррелированных потоков данных «каждого с каждым» с жесткой привязкой к временным меткам. Результаты должны быть получены в жестко ограниченное время после окончания потока данных.

Величины потоков данных и сложность обработки делают невозможным решение задачи на централизованных системах передачи с единым управлением. Поэтому создается сеть независимых вычислителей, работающих по принципу: «получил сам — поделись с ближним».

Рассмотренные выше принципы построения реализуют концепцию создания многомодульной архитектуры, в которой одновременно несколько вычислительных модулей с разнородной архитектурой могут параллельно обрабатывать информационные потоки.

В основе МВВП лежит решение, позволяющее на одной шине объединять вычислительные модули на базе разнородных архитектур: x86, «Эльбрус», ARM, модули на базе графических ускорителей, а также модули на базе ПЛИС. Это дает возможность более эффективной обработки больших объемов информации в режиме реального времени.

МВВП реализована на базе полностью открытого модульного технологического стандарта CompactPCI Serial, в котором связь между модулями осуществляется через открытый стандарт PCI Express.

Архитектурная концепция построения МВВП, позволяющая одновременно поддерживать до 9 модулей форм-фактора 3U, дает следующие преимущества:

- простота организации параллельной и конвейерной обработки данных;
- применение вычислительных модулей различных архитектур в составе одного блока в различных комбинациях;
- возможность масштабирования вычислительной производительности за счет объединения нескольких изделий МВВП.

Возможность применения вычислительных модулей с различными архитектурами в рамках единой платформы позволяет создавать проблемно-ориентированные конфигурации МВВП, повышая в целом эффективность выполнения алгоритмов на модулях графических ускорителей, ПЛИС или процессорах общего назначения. В частности, модули на базе графических ускорителей могут намного эффективнее модулей, построенных на базе процессоров общего назначения, справляться с операциями быстрого преобразования Фурье и вы-



числением обратных матриц высокого порядка, часто встречающихся в задачах радиолокации.

В состав МВВП входят:

- модуль коммутации;
- модуль процессора x86;
- модуль графического процессора;
- модуль ПЛИС;
- модуль процессора «Эльбрус»;
- модуль процессора «Байкал»;
- модуль интерфейсный оптический;
- модуль носителя диска;
- модуль вторичного электропитания.

При использовании оптимального набора модулей производительность платформы может достигать 5,5 Тфлопс.

В заключение можно сказать, что создаваемая МВВП является универсальной вычислительной платформой и может использоваться в вычислительных комплексах, где происходит прием и обработка больших потоков информации в реальном масштабе времени от большого числа источников данных. Благодаря гибкости архитектуры платформы на ее основе можно создавать проблемно-ориентированные конфигурации вычислительных систем, нацеленные на эффективное решение той или иной прикладной задачи.

Развитие вычислительной техники идет стремительными темпами. Растет сложность задач, для научных расчетов требуется все большая производительность, снижается энергопотребление и массогабаритные характеристики вычислительной техники. С другой стороны, мы видим, как одни технологические стандарты построения вычислительной техники сменяются другими, растут требования к условиям эксплуатации и стойкости к внешним воздействующим факторам. Чтобы идти в ногу со временем, развитие высокопроизводительных вычислительных платформ должно быть одним из ключевых направлений деятельности НИИВК. Сотрудники института, обладая богатым опытом создания вычислительных платформ стационарного и бортового базирования, регулярно следят за курсом развития вычислительной техники, эволюцией стандартов и технологий связи и обработки информации, расширяя линейку вычислительных платформ и комплексов новыми образцами.

Цифровая обработка сигналов в М-13 и сегодня

Цифровая обработка сигналов в НИИВК была впервые использована в вычислительной машине М-13, в которой архитектура специализиро-

ванной части разрабатывалась и адаптировалась с учетом прежде всего структуры решаемых задач.

В 90-х годах прошлого века в НИИВК сформировался отдел цифровой обработки сигналов — НТЦ-3, занимавшийся вопросами разработки устройств и алгоритмов сигнальной обработки.

Основная сфера деятельности — это цифровая обработка сигналов в реальном масштабе времени.

Все работы, выполненные отделом за последние годы, касаются первичной обработки сигналов для локационных целей на основе алгоритмов распределенных вычислений для достижения минимального времени обработки. Указанные цели достигаются использованием самых современных мощных программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

В подразделении имеется коллектив высокопрофессиональных специалистов, использующих современные средства разработки, моделирования и отладки ПЛИС, с большим опытом создания цифровой аппаратуры, реализующей алгоритмы цифровой обработки сигналов (ЦОС) для систем радиолокации, гидроакустики, отвечающей современным требованиям высокой производительности, надежности, компактности.

В качестве элементной базы в разрабатываемой аппаратуре используются современные ПЛИС большой интеграции фирмы Xilinx серий Virtex 5, Virtex 6, Kintex 7.

Коллектив подразделения осуществил разработки в интересах ЦКБ «Рубин» (гидроакустика), МНИРТИ (средства радиопротиводействия), НПО «Алмаз» (радиолокация).

НТЦ-3 в течение многих лет занимается созданием устройств на основе цифровой обработки сигналов. Работы ведутся на базе вычислительных комплексов как собственной разработки, так и на заимствованных вычислительных средствах для специального и двойного применения в областях гидроакустики, радиолокации, радиопротиводействия.

Благодаря наличию большого опыта разработок, квалифицированных кадров, кооперации с другими ведущими фирмами в области радиоэлектроники, разработки института соответствуют самым современным требованиям и критериям.

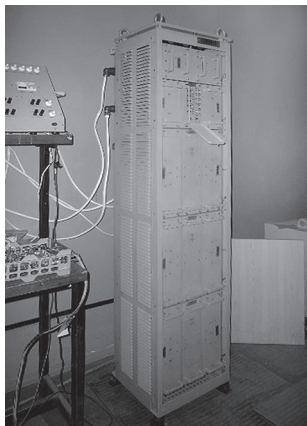
Силовая электроника

В НИИВК работы в области средств силовой электроники в рамках создания больших вычислительных комплексов специального назначения как главного направления деятельности института проводились с 60-х до середины 90-х гг. XX в. Основными видами этих средств являлись устрой-

ства и системы преобразования электроэнергии, обеспечивающие электропитание вычислительных комплексов. При этом разработка таких средств в каждом из периодов деятельности НИИВК проводилась на соответствующем для этого периода техническом уровне, основываясь на передовых отечественных и зарубежных достижениях в этой области. Руководил подразделением электропитания до начала 80-х гг. Е. С. Шерихов.

Со второй половины 90-х гг. в связи с наступлением известных событий в стране государственное финансирование работ в части вычислительных комплексов и связанных с ними средств силовой электроники было прекращено, что привело к необходимости выполнения НИОКР в интересах различных заказчиков. Поддерживая традиционную разработку преобразовательной техники для электропитания различной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), в научно-тематическом центре силовой электроники (НТЦ-4) НИИВК выполнялись разработки и по другим взаимосвязанным с этой техникой направлениям: альтернативная (солнечная) электроэнергетика, электромагнитная совместимость, защитные устройства от силовых электромагнитных воздействий по сетям электропитания и информационным сетям, тестовая и имитационная аппаратура.

В конце 90-х гг. в течение нескольких лет в НИИВК при партнерском участии ряда предприятий страны проводилась ОКР «КСАП» по созданию автоматизированного комплекса стендовой аппаратуры для проверки узлов и устройств системы электропитания суперЭВМ «Эльбрус-3» и ее последующих модификаций. Технические наработки, полученные при выполнении ОКР, были использованы в НИИВК при создании более современной тестовой техники данного направления.



Наиболее интенсивно и разнообразно новые направления получили развитие с начала 2000-х гг. Совместно с НИИ «СуперЭВМ» по теме «Л-01-ЦВК» был разработан комплект блоков питания с водяным охлаждением. Изготовлена партия блоков, успешно эксплуатируемых на подводных лодках фирмы «Рубин».

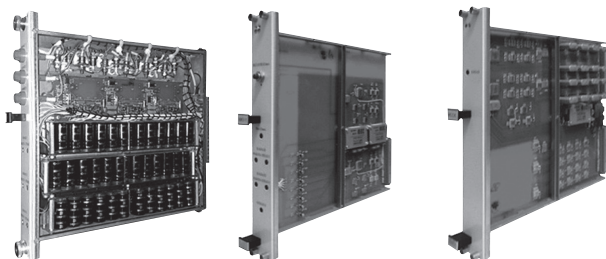
Выполнена разработка преобразователя напряжения ПППН-1 для системы аварийного освещения подводной лодки фирмы «Малахит», который работал от четырех имеющихся на борту сетей электропитания. Была применена система резервирования

каналов преобразования электроэнергии «N+1», обеспечивающая заданные заказчиком значения показателей безотказности.

К наиболее значимым разработкам периода 2008–2010 гг. можно отнести ОКР «Мегалит-Б-ВК», проведенную НТЦ-4 в рамках гособорон-заказа по созданию комплекта унифицированных модулей различных видов (выпрямления, коммутации, защиты, контроля и управления). Кроме того, НИИВК в качестве соисполнителя принимал участие в проведении еще двух из четырех взаимосвязанных ОКР этой группы. Вся номенклатура технических средств, созданная в результате выполнения ОКР, должна была обеспечить создание систем преобразования электроэнергии на основе магистрально-модульной архитектуры (ММА), предназначенной для применения в изделиях наземного и морского базирования.

Разработка такой системы была проведена НТЦ-4 в виде создания базовой технологии в ОКР «Перспектива-ВК» по заданию Минпромторга России в период с 2011 по 2013 г. Изделие представляло собой автоматизированную систему преобразования энергии (СПЭ), функционально классифицированную как «шина постоянного тока». Создание СПЭ с применением ММА позволило получить целый ряд преимуществ по сравнению с аналогичными по назначению изделиями в части: показателей безотказности, безаварийности, долговечности, оперативного изменения соотношения основных технических характеристик (многопараметрическая вариантность), существенного снижения влияния «человеческого фактора» при эксплуатации, адаптивности к внешним и внутренним нештатным ситуациям, реализации режима «динамической шины по мощности».

В 2010–2011 гг. в НТЦ-4 по заданию Минпромторга России при участии партнера, ЗАО «МПП – Ирбис» (г. Москва), проводилась ОКР «СМ-ИВЭ». Ее целью была разработка полнофункционального комплекта высокоплотных силовых модулей для создания источников электропитания вида «АС-DC» с выходной мощностью не менее 500 Вт.



Комплект состоял из четырех видов силовых модулей: сетевого защитного устройства, управляемого тиристорного выпрямителя, корректора коэффициента мощности и преобразователя напряжения вида «DC-DC». Модули предназначались для использования в РЭА, требующей повышенных объемных показателей функциональных узлов, применения вне помещений и питания от источников с более жесткими нормами качества электрической энергии по сравнению с установленными для системы электроснабжения общего назначения.



В те же годы НТЦ-4 проводил ряд инициативных разработок устройств солнечной энергетики: две темы завершились созданием двух вариантов автономных осветительных установок мощностью 20–50 Вт, третья — созданием солнечной электростанции с выходным напряжением 220, 50 Гц при выходной мощности 3 кВт. Для них были разработаны оригинальные контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей, применены фонари на основе светодиодных структур.

В последнее время в НТЦ-4 сформировались новые направления работ в области средств силовой электроники. Одним из них, более традиционным, является разработка ряда отечественных источников электропитания (ИЭП) для современной и перспективной технологии создания разнообразной РЭА на базе так называемых открытых стандартов: CompactPCI Serial,

MicroTCA, StackPC. Постоянно увеличивающееся количество разработок РЭА на базе этих и других стандартов для различных областей применения требует наличия на рынке широкой гаммы ИЭП для них.

Относительно новым направлением, базирующимся на ранее созданных научно-практических заделах по сетевым защитным устройствам, является проводимая в настоящее время в инициативном порядке ОКР «Сезам». Ее целью является разработка ряда исполнений сетевых защитных устройств на базе новых технических решений. Созданный образец

сетевого защитного модуля СЗМ-АС-3,0-220 является первой модификацией этого ряда.

В 2011–2013 гг. в НТЦ-4 по заданию Минпромторга России при участии партнеров, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича и Московского энергетического института (Технического университета) выполнялась ОКР «Объединение-ВК». Ее целью было создание комплекса контрольно-измерительной аппаратуры «КИА-ВК», обеспечивающего возможности автоматизированной проверки электрических параметров импульсных ИЭП с выходной мощностью до 1200 Вт, а также проведение исследований их динамической устойчивости под воздействием ряда возмущающих факторов, что принципиально выделяло разработку из ряда существующих комплексов аналогичного назначения.

К перспективным направлениям работ по созданию тестового силового оборудования следует отнести разрабатываемый в настоящее время автоматизированный комплекс для проверки вышеупомянутых ИЭП для устройств на базе ряда открытых стандартов.

Новым направлением деятельности НТЦ-4 является проведение в настоящее время ОКР по созданию блоков балластной нагрузки (ББН), предназначенных для применения в специальном технологическом оборудовании для проверки мощных СПЭ и газотурбинных преобразователей, используемых в области космического аппаратостроения и создаваемых в одной из структур РАН.

Другим новым направлением является инициативное создание автоматизированных комплексов имитационных технических средств (КИТС) для проверки систем электроснабжения постоянного и переменного токов полевых объектов управления и связи в интересах ФГБУ «16 ЦНИИИ» Минобороны России. Комплекс создается в партнерстве с ООО «НТЦ АКТОР» (г. Зеленоград) в виде ба-



зового варианта, на основе которого возможна реализация схожих по идеологии, структуре и выполняемым функциям других видов КИТС для различных стационарных и подвижных объектов наземного, авиационного и морского базирования.

Большой вклад в вышеуказанные работы внесли: В. А. Колосов, А. В. Парфенов, А. Н. Четин, Ю. Н. Либенко, А. И. Кириллов, А. Д. Замятин, Н. И. Гаврилин, Ю. Н. Курбатовский, А. В. Мозгунов. В большинстве работ, выполненных в 2000-е гг., принимало активное участие в части изготовления изделий предприятие «Технолидер» (г. Рязань) под руководством директора А. В. Иванова.

Специалисты НТЦ-4 ведут разнообразную научную и педагогическую деятельность. Подготовлено свыше 50 научно-технических статей и докладов на различных конференциях и семинарах, получено около 30 патентов на изобретения и полезные модели РФ.

В течение последних десяти лет на базовой кафедре МИРЭА «Вычислительные комплексы» сотрудниками НТЦ-4 регулярно читаются лекции, проводятся практические занятия.

НИИВК является учредителем и активным участником ассоциации «Электропитание». Ведущие специалисты НТЦ-4 входят в состав секции «Научные проблемы электропитания» при Комплексном Совете РАН «Электрофизика, электроэнергетика и электротехника».

Электромагнитная совместимость в вычислительной технике

Виды электромагнитных помех, создаваемых техническим средством и (или) воздействующих на техническое средство, на которое распространяется технический регламент Таможенного союза «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР ТС 20/2011):

1. Низкочастотные кондуктивные электромагнитные помехи:

- установившиеся отклонения напряжения электропитания;
- искажения синусоидальности напряжения электропитания;
- несимметрия напряжений в трехфазных системах электроснабжения;
- колебания напряжения электропитания;
- провалы, прерывания и выбросы напряжения электропитания;
- отклонения частоты в системах электроснабжения;
- напряжения сигналов, передаваемых в системах электроснабжения;
- постоянные составляющие в сетях электропитания переменного тока;
- наведенные низкочастотные напряжения.

2. Низкочастотные излучаемые электромагнитные помехи:

- магнитные поля;
- электрические поля.

3. Высокочастотные кондуктивные электромагнитные помехи, в т. ч. индустриальные радиопомехи:

- напряжения или токи, представляющие собой непрерывные колебания;
- напряжения или токи, представляющие собой переходные процессы (апериодические и колебательные).

4. Высокочастотные излучаемые электромагнитные помехи, в т. ч. индустриальные радиопомехи:

- магнитные поля;
- электрические поля;
- электромагнитные поля, в том числе вызываемые непрерывными колебаниями и переходными процессами.

5. Электростатические разряды

Всеми видами перечисленных электромагнитных помех в НИИВК занимался и занимается ряд ученых и инженеров института. В 60–80-е гг. ни одна разработка Михаила Александровича Карцева не обходилась без тщательной проработки проблем электромагнитной совместимости заместителем главного конструктора по электронике, д. т. н. Л. В. Ивановым и его сотрудниками.

В 1974 г. Л. В. Ивановым и В. А. Колосовым в журнале «Вопросы радиоэлектроники» (Сер. ЭВТ. — Вып. 8) была опубликована статья «Помехи на проводах питания ЭВМ», показавшая пути снижения низкочастотных и высокочастотных кондуктивных помех в цепях электропитания вычислительных комплексов и определившая подход к проектированию систем электропитания в разработках института в 70–90-е гг. В статье показано, что расчет сложной электрической цепи может быть разбит на расчеты каждого из сглаживающих фильтров в отдельности, так как собственные частоты звеньев существенно различны.

Следует отметить, что в перечне видов электромагнитных помех в техническом регламенте кондуктивные помехи в цепях электропитания стоят на первом месте. Представляется обоснованным, что в 90-е и последующие годы в институте задачи ЭМС в основном коллективом под руководством д. т. н., профессора В. А. Колосова, разрабатывающим устройства силовой электроники (источники и системы электропитания, высокочастотные преобразователи напряжения, сетевые защитные устройства). За последние 30 лет сотрудниками НТЦ-4 (ранее отдел 80,

330) по тематике ЭМС получено 15 патентов РФ на изобретения, сделано свыше 20 докладов на семинарах и конференциях, опубликовано в научно-технических журналах около 30 статей.



Рис. 1

В качестве примера на рис. 1 приведена фотография изделия «ФИОН», разработанного на основе патента РФ на изобретение № 2214036. Иванов А. В., Колосов В. А., Мухтарулин В. С., Федосов А. А. «Сетевой фильтр для оборудования, питающегося от сети переменного тока с заземленной нейтралью», получившего в 2005 г. диплом и медаль на Международном саммите по изобретательству в Женеве.

Специалисты института используют стандарты, регламентирующие виды испытаний вычислительной техники на устойчивость к электромагнитным помехам, степени жесткости испытаний для каждого вида, критерии качества функционирования изделий при испытаниях, а также соответствующие методы испытаний.

ГОСТ Р 50839-2000 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость средств вычислительной техники и информатики к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний» распространяется на вновь разрабатываемые, изготавливаемые, модернизируемые и импортируемые средства вычислительной техники и информатики (СВТИ), подключаемые к низковольтным электрическим сетям переменного тока частотой 50 Гц:

- электронные вычислительные машины;
- вычислительные комплексы и системы;
- устройства центральные вычислительных машин, комплексов, систем и сетей (процессоры, мультипроцессоры, транспьютеры, серверы, контроллеры и др.);
- периферийные устройства (внешние запоминающие устройства, устройства ввода-вывода, отображения и др.);
- рабочие станции;
- сервисные устройства и др.

Требования устойчивости к помехам персональных электронных вычислительных машин — по ГОСТ Р 50628- 2000.

В журнале «Вопросы радиоэлектроники» (Сер. ЭВТ. — 2016. — Вып. 7) опубликована статья С. А. Сорокина и С. М. Чудинова «Оптимизация электрических и конструктивных параметров линий связи вычислитель-

ных комплексов». В статье предложен подход к использованию средств моделирования для повышения надежности информационного обмена в линиях связи ЭВМ. Данную работу следует признать значительным вкладом в решение задач создания современных высокочастотных линий связи в многослойных печатных платах.

В течение последних 15 лет в институте ведутся работы по сетевым защитным устройствам от преднамеренных силовых электромагнитных воздействий (ПС ЭМВ). Выполнено несколько НИОКР, получены патенты на изобретения (№ 2533184, 2408121, 2406203, 2402854, 2177199, 2161357, 2145759, 2133540), полезные модели (№ 96982, 31081, 21256, 13729, 13452). Значительное число изобретений внедрено в изделия.

В 2007 г. вышел ГОСТ Р 52863 «Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. Общие требования». Дальнейшие работы в НТЦ-4 в области сетевых защитных устройств проводятся с учетом требований данного стандарта.

На рис. 2 приведена фотография блока, выполненного по патенту № 2533184. Колосов В. А., Ларин А. Г., Парфенов А. В. «Комбинированное сетевое защитное устройство», представляющего собой сложное электронное изделие, использующее наряду с мощными силовыми элементами модуль контроля и управления, разработанный на основе отечественных микроконтроллеров.



Рис. 2

Для защиты от сбоев и повреждений СВТИ осуществляет поэтапное гашение избыточной энергии с помощью шунтирующих и рассеивающих энергию средств без отключения нагрузки от сети. При достижении предельно допустимых величин рассеиваемой энергии защита осуществляется путем отключения защитного устройства от сети.

В настоящее время выполняется ОКР «СЕЗАМ», соответствующая ряду требований ГОСТ Р 52863. Изготовлена опытная партия сетевых защитных модулей



Рис. 3

типа СЗМ-АС-3,0-220 (рис. 3). Модуль превосходит импортные и отечественные аналоги, решая задачу эффективного снижения мощных

импульсных помех с длительностью до 5 мс, в то время как на рынке силовой электроники этот параметр в устройствах защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) не превышает 0,35 мс, что не отвечает требованиям ГОСТ Р 52863. Модуль описан в статье В. А. Колосова, А. И. Кириллова «Сетевой защитный модуль СЗМ-АС-3,0-220» (СТА — 2016. — Вып. 2).

С целью испытаний сетевых защитных устройств были разработаны, изготовлены и находятся в опытной эксплуатации оригинальные имитаторы импульсных электромагнитных воздействий (ЭМВ), защищенные патентами РФ № 2440704, 2302711, патентом на полезную модель № 54194.

Последние достижения института в области разработок сетевых защитных устройств представлены в статье В. А. Колосова «Защитные устройства от перенапряжений в сетях электроснабжения информационных систем». (Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 2015. — Вып. 2).

Над созданием устройств в 2000-х годах наряду с ведущими специалистами НТЦ-4 В. А. Колосовым, А. В. Парфеновым, А. Н. Четиным, Ю. И. Либенко, А. И. Кирилловым, А. Д. Замятиным, А. В. Мозгуновым успешно трудились молодые инженеры В. Л. Бурцев, А. А. Петрин, А. А. Петровичев.

Информационно-управляющие системы реального времени

Направление исследований, которым занимается НТЦ-5, пожалуй, самое новое. Его точкой отсчета можно считать 2010 г., когда В. С. Мухтарулин, ознакомившись с наработками группы инженеров в области навигационного сопровождения воздушных объектов в реальном масштабе времени, посчитал их перспективными и пригласил коллектив в НИИВК. Дальнейшие исследования проводились инициативно за счет финансирования из средств НИИВК и завершились созданием пилотного образца комплекса спутникового контроля наземного движения в аэропорту «Шереметьево» в интересах авиакомпании «Аэрофлот». Разработка получила высокую оценку в департаментах «Аэрофлота» и была отмечена в 2012 г. почетным знаком «Золотая статуэтка «Святой Георгий» на 13-м международном форуме и выставке «Высокие технологии XXI века».

Дальнейшим развитием работ данного направления явилась в 2013—2015 гг. ОКР «Разработка технологии моделирования сложных информационно-управляющих систем реального времени централизованной удаленной обработки и распределения траекторных данных плановой и радиолокационной информации».



Отличительными чертами этой разработки являются:

- удаленный сбор навигационной информации от практически неограниченного количества источников, использующих различные физические принципы обнаружения движущихся объектов (плановые, традиционные радиолокационные, видео, спутниковые и др.);
- удаленная централизованная обработка этой информации на высокопроизводительной вычислительной платформе, специально разработанной НИИВК для этой системы;
- удаленная «облачная» технология предоставления информации пользователям воздушного пространства для оперативной согласованной ситуационной осведомленности, позволяющей пользователям выстраивать операционную деятельность в режиме реального времени с достоверной осведомленностью о ситуации движения и обслуживания воздушных судов в аэропорту, включая средства наземного транспорта.

Выполнение подобной работы за столь короткий срок было бы невозможно без привлечения специалистов других подразделений института. Большой вклад в разработку внесли специалисты НТЦ-2 и НИО-1.

По результатам работ за 2015 г. коллектив основных разработчиков ОКР «Облако» был занесен на доску Почета института.

Реализация ОКР «Облако» и создание дата-центра сбора, обработки и распределения информации позволило перейти к задаче централизованной ситуационной осведомленности о полетах в России посредством единого Web-интерфейсного сервиса. В этом направлении решены три базовые задачи:

- обеспечение спутниковой видимости воздушных судов собственными бортовыми трекерами;

- создание публичного сайта наблюдения полетов;
- создание авиационного комплекса с полным циклом технологического обслуживания полетов, включая наземное обслуживание.

Конечной задачей реализации проектов являлось информационное взаимодействие с эксплуатантами воздушных судов и органами поиска и спасения РФ, что требовало отечественных технических решений.

НИИВК им. М. А. Карцева и группой отечественных компаний разработан информационный облачный сервис ситуационной осведомленности о полетах, включающий следующие базовые услуги:

- автономный бортовой трекер SWIMru;
- публичный сайт flightrf.com;
- мобильный аэродромный комплекс полетной информации AFIS.

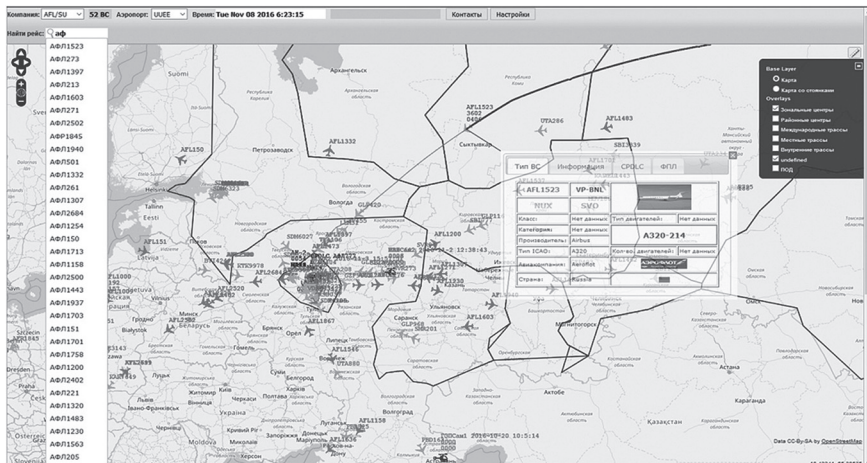


Трекер SWIMru производится заводским способом в Зеленограде, включая изготовление печатных плат.

Трекер является автономным устройством приема-передачи данных и не требует никаких сопряжений с бортовым оборудованием.

Публичный сайт flightrf.ru показывает пользователям общую картину воздушной обстановки в РФ на базе спутниковых средств наблюдения.

Мобильный аэродромный комплекс полетной информации AFIS представляет собой технический комплекс средств радиосвязи, спутникового наблюдения за воздушными судами и наземным транспортом, средства спутникового наблюдения за окружающей воздушной обстановкой и пр.



Опытный образец комплекса запущен на испытательном аэродроме «Алферьево» Московского авиационного института.

AFIS «Алферьево», по-сути, является выносным оборудованием облачного центра обработки данных, способного обслужить сотни таких абонентов.

Сегодня комплекс позволяет проводить испытания новых средств навигации и связи в интересах различных ведомств и является готовым техническим решением для аэродромов совместного базирования и местных аэродромов.



Работы в области фундаментальных исследований и многопроцессорного программирования

Создание высокопроизводительных вычислительных систем ориентирует программистов на эффективное использование этих архитектурных решений. Архитектура М-10, созданная в 1970-х гг., определяется как вычислительная машина многопоточной параллельной синхронной обработки функций.

Предложенные в данной работе решения теоретических вопросов многопоточной параллельной обработки информации доказывают расширение парадигмы фон Неймана при переходе к синхронной обработке от точки к фрагменту функции.

Программист получил возможность описать параллельный вычислительный процесс на уровне исходного алгоритма, не отдавая решение этих вопросов на откуп специализированным компиляторам. Это позволяет



Г. Н. Петрова



Е. В. Гливенко

эффективно контролировать соответствие исполняемого кода программы, выполняющей параллельную обработку информации, поставленной задаче и заданному способу ее решения, увеличивает надежность программного обеспечения.

Задач, требующих высокопроизводительной обработки, возникает все больше и больше, так как с помощью многопроцессорной техники можно добиться высокой скорости вычислений.

Традиционно это обработка сигнальной информации в реальном времени, но не только.

Переход к изучению баз данных большого объема и использованию вычислительных систем с производительностью ~1015 операций в секунду требует проведения фундаментальных исследований в алгоритмических методиках в области хранения и анализа информации.

Можно привести несколько направлений алгоритмических исследований:

- создание новых вычислительных алгоритмов для решения систем как линейных, так и нелинейных уравнений;
- разработка методов объектно-ориентированного программирования;
- задачи, связанные с информационной безопасностью.

В последнее время в НИИ вычислительных комплексов совместно с Университетом нефти и газа им. И. М. Губкина и Институтом теории прогноза землетрясений РАН разрабатываются новые алгоритмы, которые используются в различных областях с применением многопроцессорных компьютеров.

Одна из областей — это системы как линейных, так и нелинейных уравнений, решениями которых являются точки n -мерного пространства. Эти алгоритмы основываются на результатах топологии и используют понятия «степень отображения».

В реализации этих алгоритмов в основном используются многопроцессорные компьютеры. Причем удастся создавать такие схемы, где методы становятся обладателями естественного параллелизма.

Степень отображения — это понятие, относящееся одновременно к некоторой области пространства и ее непрерывного преобразования. Значение степени отображения говорит о том, есть ли у этого преобразования неподвижная точка внутри этой области. Эта неподвижная точка

интерпретируется как решение системы уравнений. Для решения этой системы уравнений строится соответствующее преобразование исследуемой области.

Роль многопроцессорного компьютера состоит в следующем. Область пространства делится на мелкие подобласти, в каждой из которых вычисляется степень отображения.

Каждой из мелких областей в многопроцессорном компьютере отводится свой процессор, а алгоритмы у всех мелких областей одинаковые.

Таковыми методами удается находить решения как линейных, так и нелинейных систем.

Другой областью исследований с использованием степени отображения является прогноз землетрясений.

Если решение уравнений требует вычисления степени отображения для многомерных областей, то прогноз землетрясений осуществляется вычислением степени отображения пока только для двумерной области (в дальнейшем, возможно, будет для трехмерной). Для прогноза используется каталог землетрясений.

Методика предсказания землетрясений с помощью степени отображения, возможно, будет использована в других областях, например в строительстве или в областях, связанных с проблемой разрушения.

Опыт работы с многопроцессорными компьютерами показывает некоторые особенности их эффективного применения.

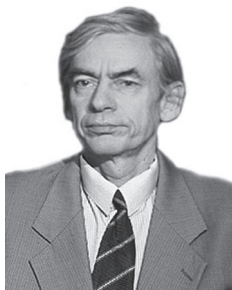
Сам алгоритм человеку не всегда удастся распараллелить. Другое дело, если в алгоритме организовать использование многопоточной программы, которую легко разбросать по процессорам. Например, обзор больших областей можно делать на многопроцессорных компьютерах.

Следует отметить, что подобные алгоритмы широко применимы также в обработке результатов физического эксперимента, проводимого в реальном времени.

Алгоритмы гидроакустического комплекса (ГАК)

Исторические аспекты развития алгоритмов ГАК

Во время двух последних мировых войн конструкторы ГАК изучали как мелководную, так и глубоководную акустику океана. Но во времена холодной войны акценты разработки ГАК были резко смещены в сторону глубоководных алгоритмов, поскольку наибольшая угроза исходила от баллистических ракетных подлодок. После холодной войны развитие региональных конфликтов привело к усилению интереса к мелкой воде. Эти воды охватывают приблизительно 5 % Мирового океана на континентальных шельфах.



Г. Г. Алексеев

Использование активных или пассивных методов при построении алгоритмов работы ГАК связано с физикой извлечения сигнала, который распространяется в поглощающем динамическом волноводе из шума, на который влияет сложность того же самого волновода. Поэтому создание алгоритмов работы ГАК можно рассматривать как междисциплинарную смесь физики, обработки сигналов, физической океанографии, морской геофизики и даже морской биологии.

Обычно при разработке алгоритмов ГАК используются три модели скорости звука в морской воде, которые охватывают широкий класс задач. К первой относится модель океана с постоянной скоростью звука, представляющая полностью перемешанные температурные слои. Вторая, общая трехслойная модель, состоит из двух отдельных смешанных слоев, оба с постоянной температурой и скоростью звука, с термоклинным градиентом, вставленным между ними. В третьей модели берегового фронта две водные массы с отличающимися температурными профилями встречаются на вертикальной стене.

Разработки алгоритмов ГАК в период холодной войны

Скорость звука в океане уменьшается при охлаждении воды, но увеличивается с глубиной. Эту особенность более полувека назад Военно-морской флот США использовал при создании многомиллиардной сетевой системы SOSUS (Sound Ocean Surveillance System), чтобы отслеживать советские подлодки с ядерными баллистическими ракетами. В настоящее время основной задачей противолодочной обороны является обнаружение тихих дизель-электрических подлодок в шумных прибрежных водах.

Классификация гидролокаторов

Гидролокаторы классифицируются как активные или пассивные.

Пассивное гидролокационное обнаружение. В пассивной гидролокационной системе одна подлодка использует буксируемый массив детекторов, чтобы различать звуки, которые исходят от другой подлодки. Буксируемая антенная решетка обеспечивает большую апертуру, чтобы различать нужный сигнал, который искажен водной средой, имеющимся в океане поверхностным шумом и шумом надводного судоходства.

Пассивные гидролокаторы, которые только принимают сигнал, используются главным образом для противолодочной обороны и изучения океанской биологии.

Активное гидролокационное обнаружение. В активной гидролокации судно посылает импульс. Его эхо, искаженное мелководным окружением, возвращается в корабельный приемник, который пытается отличить его от обратного реверберационного рассеяния и океанского шума. Моностатический гидролокатор совмещает передатчик и приемник вместе. В бистатическом гидролокаторе эти части отделены друг от друга. В дополнение к противолодочной обороне активные гидролокаторы используются, например, в связи, поиске мин, археологических исследованиях, визуализации океана и свойств морского дна и поиска рыбы. В настоящее время формирование плоской волны — основной метод работы обоих типов ГАК. Для того чтобы получить возможно больше информации из отраженного сигнала, ГАК также применяют алгоритмы синтеза апертуры. В активных гидролокационных системах этот метод позволяет океанографам точнее отобразить океанское дно.

Создание пассивного гидролокатора синтезированной апертуры — более сложная задача. Оно сильно зависит от временной когерентности источника и свойств когерентности самого акустического поля, связанных со сложностью динамической модели океана.

Алгоритмы ГАК и динамические процессы в океане

Построение алгоритмов работы ГАК, учитывающих динамические процессы в океане, представляют сложную задачу в дополнение к тому, что акустические поля распространяются через сложную, но статическую среду. Поскольку плотность воды в океане может меняться с глубиной, это приводит к образованию внутренних гравитационных волн. Присутствие внутренних волн и, например, прибрежных фронтов, усиливает частотно-временную сложность распространения акустических сигналов в мелкой воде.

Два типа таких волн обнаружены в стратифицированных прибрежных водах. Линейные волны, которые встречаются фактически везде, подчиняются стандартному волновому уравнению для смещения поверхностей постоянной плотности. Нелинейные внутренние гравитационные волны генерируются при более специфических обстоятельствах и описываются нелинейными уравнениями, из которых наиболее хорошо известно уравнение Кортевега де Фриза. Оба типа внутренних волн могут быть хорошо представлены простой двухслойной моделью. Нелинейные внутренние волны в мелкой воде отображают наибольшие градиенты любых океанских объектов за исключением фронтов водных масс. Эти нелинейные волновые пакеты также могут передавать акустическую энергию канала между солитонами.

Линейные внутренние волны обеспечивают непрерывный механизм рассеивания и перераспределения акустической энергии в океанах. Нелинейные внутренние волны типа солитонов обеспечивают сильные дискретные события рассеивания из-за их более высокой амплитуды и более короткой длины волны.

Звук, который сосредоточен между волнами солитонов, производит эффект трехмерного распространения, необычный для океанской акустики. Звук фокусируется и расфокусируется, проходя вдоль канала, в точном соответствии с модальной дисперсией.

Некоторые перспективные алгоритмы обработки сигналов

Сюда относятся последние разработки алгоритмов ГАК, направленные на извлечение сигналов из шума, которые учитывают и даже используют волноводные свойства мелководной среды. Большая апертура обеспечивает высокое разрешение или способность фокусировки потому, что волновые числа распределены так, что они могут быть эффективно разделены. Сложность может представлять разнообразие волновых чисел в середине волновода или рассеивающей среды. Однако можно сфокусировать акустический сигнал более точно, когда он проходит через сложную среду, чем когда этого нет.

Алгоритмы обработки методом согласованного поля — последнее обобщение обычно используемых плосковолновых методов диаграммформирования. Идея метода состоит в том, чтобы коррелировать данные измерения на решетке с данными копий, взятыми из известной надежной акустической модели. Далее используется скорость звука и свойства океанского волновода в качестве параметров этой модели, чтобы, например, определить, где точечный источник мог быть расположен, путем сравнения звуков, которые он издает, со звуками, которые должна предсказывать надежная модель в течение поиска по всем возможным позициям источника.

Сложность метода согласованного поля состоит в определении параметров и граничных условий акустического волнового уравнения, то есть надо знать параметры океанской среды для того, чтобы генерировать копии.

Метод согласованного поля использует данные модели для тонкой настройки самой модели и требует большой передающей решетки для работы ГАК.

Перспективы разработки алгоритмов ГАК

Сложная акустическая природа океана, неровное дно, внутренние волны, солитоны, фронты и движение источника и приемника требуют методов обработки сигналов, которые могут учитывать движение и неопределенность среды.

Задача состоит в разработке алгоритмов и методов, которые используют сами данные и физику распространения сигналов через сложную среду как основу адаптивной обработки, или методов инверсии, чтобы определять свойства среды. Этот метод особенно подходит для мелкой воды, поскольку океан усиливает сложность акустического поля, которое взаимодействует с неоднородным пористым и упругим океанским дном. Адаптивные алгоритмы обработки в ГАК используют входные данные гидролокатора, чтобы создавать модифицированные (плоско-волновые или волноводные) вектор-копии для повышения разрешения и минимизации боковых лепестков небольших (обычно) пиков, обнаруживаемых при формировании диаграммы. При оценке возможной позиции точечного источника звука так называемый неискажающий «процессор минимальной дисперсии» минимизирует или обнуляет вклады от других позиций. Подавление мешающих шумов, например шумных надводных судов, важно, поскольку их звуки, проникая через боковые лепестки диаграммы направленности, обычно громче, чем интересующие сигналы. Адаптивные процессоры тем не менее очень чувствительны к объекту выборки данных, шуму, динамике и несовпадению между копиями, а также к фактическому океанскому акустическому окружению. Из-за этой чувствительности очень важно уметь точно моделировать такие характеристики среды, как, например, сложное океанское дно.

Сложность донного взаимодействия представляет особый интерес в очень мелководных регионах (десятки метров или менее), где важно акустическое обнаружение мин с безопасного расстояния.

Поверхностный водный шум и реверберация, обычно считающиеся неприятностями, здесь становятся полезной информацией по мере развития новых методов инверсии.

В активной гидролокации построение зондирующего сигнала содержит интересные задачи. Отношение неопределенности Гейзенберга, которое существует между разрешением по дальности и скорости, еще более усложняется присутствием изменяющегося во времени реверберационного канала. Разработки алгоритмов только начинаются в области многоканальной подводной связи, в которой общая информационная возможность канала является фундаментальной характеристикой.

Множество сигналов посылается между мультиантенными решетками. Динамика среды также должна учитываться в алгоритмах сигнальной обработки. В мелкой воде, чтобы нейтрализовать сильный шум от движущегося надводного корабля, требуется иметь дело с его набором ячеек разрешения, использующим движение, на протяжении достаточно долгого времени, чтобы создать матрицу корреляции данных. Время этой задержки может быть до нескольких минут. Следовательно, очень высокое разрешение может иногда быть невыгодным для работы ГАК в целом.

Для случаев наиболее сильных искажений, связанных с воздействием среды, лучше применять алгоритмы нелинейной оптимизации, как, например, имитируемый отжиг или генетические алгоритмы. Развивающаяся разработка и использование автоматических подводных аппаратов обеспечивают новые возможности для всех направлений создания рабочих алгоритмов ГАК.

Многофункциональные аварийные вычислители-регистраторы

Специалистами НТЦ-2 совместно с конструкторами КТПО был разработан и постоянно модернизируется ряд аварийных регистраторов для различных видов транспорта. Основными направлениями являются регистраторы для подвижного состава метро и регистраторы для самолетов легкомоторной авиации.



Бортовой аварийный регистратор событий БАРС-2М

Регистраторы параметров движения составов метрополитена отвечают современным требованиям, предъявляемым системой управления поездом, и успешно поставляются в Московский метрополитен. В 2016 г. начата поставка регистраторов для подвижных составов метрополитена Будапешта (Венгрия). Регистратор универсален и может адаптироваться к различным транспортным средствам. Сигналы от оборудования транспортного средства поступают в реальном масштабе времени. Записанные данные могут использоваться как для технико-технологического обслуживания, так и

для разбора аварийных ситуаций. Принятые данные записываются в энергонезависимый накопитель емкостью до 32 Гб, окруженный активной защитной оболочкой, которая предотвращает повреждение носителей данных в случае аварии. Регистратор имеет встроенный энергонезависимый таймер, обеспечивающий привязку информации к календарной дате и времени суток, и вычислительный модуль, который рассчитывает пройденное расстояние и скорость подвижного состава с последующей передачей на контрольный индикатор. Регистратор обладает рядом преимуществ: наличие беспроводной связи, Ethernet, наличие выходных последовательных портов, возможность записи аудио, видео.

Регистраторы для легкомоторной авиации поставлены в Ульяновское летное училище и используются в качестве эксплуатационных регистраторов для анализа полетов курсантов училища.

Также для самолетов легкомоторной авиации разработаны блок световой и звуковой сигнализации критических параметров полета и работы двигателей и блок управления закрылками.

Для решения вычислительных задач на труднодоступных объектах и объектах, связанных с жесткими условиями эксплуатации, был разработан унифицированный миниатюрный спецвычислитель. Вычислитель оснащен современными интерфейсами, имеет пылевлагозащищенный корпус и обладает низким энергопотреблением. Все это позволяет осуществлять прием/передачу информации от различных источников, использовать вычислитель в жестких условиях эксплуатации и обеспечивать длительный режим работы на необслуживаемых и труднодоступных объектах.



РПСП-2-1



Научно-исследовательский центр информационной безопасности (НИЦ ИБ)

В составе института в целях изучения и проведения работ по комплексной защите информации сформирован Научно-исследовательский центр информационной безопасности (НИЦ ИБ).

НИЦ ИБ оказывает максимально широкий спектр услуг в области защиты информации, лаборатории центра для проведения специальных проверок и специальных исследований оснащены высокотехнологичным оборудованием, соответствующим всем требованиям ФСТЭК и ФСБ России. Благодаря активности, упорству и целеустремленности молодого, но профессионального коллектива в кратчайшие сроки были получены лицензии Роспотребнадзора, ФСТЭК и ФСБ России.



Лицензии НИЦ ИБ

Основными направлениями деятельности НИЦ ИБ являются:

- специальные проверки технических средств;
- специальные исследования;
- специальные обследования помещений;
- аттестация объектов информатизации.

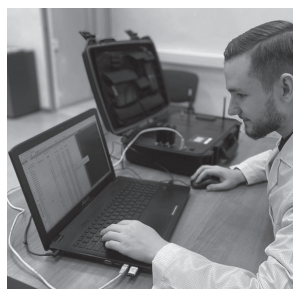
Специальные проверки технических средств

В рамках проведения специальных проверок специалистами НИЦ ИБ осуществляются работы по обнаружению электронных устройств (закладок), предназначенных для негласного получения (перехвата) информации, внедренных в технические средства и системы, обрабатывающие как конфиденциальную информацию, так и сведения, отнесенные к государственной тайне, в интересах обеспечения защиты информации и связи.

Специальные исследования

При проведении специальных исследований задача НИЦ ИБ состоит в поиске и обнаружении потенциальных технических каналов утечки информации при помощи сертифицированной контрольно-измерительной аппаратуры. Специальные исследования делятся на 2 вида: лабораторные (стендовые) и объектовые. Посредством лабораторных специальных исследований определяются границы зон, внутри которых возможен перехват средствами разведки информативного сигнала, излучаемого оборудованием.

Во время объектовых специальных исследований определяется защищенность информации и оценивается эффективность принятых мер защиты.



Специалисты НИЦ ИБ за работой в лаборатории

Специальные обследования помещений

Во время проведения специальных обследований сотрудники НИЦ ИБ проводят поиск и обнаружение возможных закладных устройств или иных технических средств негласного получения информации в ограждающих конструкциях помещений (мебели, межкомнатных перекрытий, стен, потолков, других несущих конструкций зданий).

Аттестация объектов информатизации

НИЦ ИБ осуществляет весь спектр услуг, связанных с аттестацией на соответствие требованиям безопасности для работы со сведениями, составляющими государственную тайну, конфиденциальной информацией, персональными данными, включая аттестацию рабочих мест, выделенных и защищенных помещений, средств изготовления и размножения документов и локально-вычислительных сетей, а также систем видеоконференцсвязи.

Глава 11

ГОРИЗОНТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Инновационные изменения в системе радиоэлектроники отражают интеграцию российской экономики и информатики в глобальное инфокоммуникационное общество. Интегрируясь в современную экономику, отрасль радиоэлектроники, в том числе вычислительная техника, становится одной из отраслей, деятельность которой подлежит системной оценке по параметрам «информационные услуги — интеллект-продукт — качество — стоимость — цена — конкурентоспособность — рынок». В этих границах отрасль активно ищет оптимальные стратегии развития научного потенциала в высокотехнологичной компании за счет повышения устойчивости и эффективности функционирования, конкурентоспособности, роста масштабов и влияния компании, превращения ее в национальный и мировой центр науки и инноваций.

В современных условиях высокотехнологичный институт «НИИВК им. М. А. Карцева» представляет собой интегрированную (объединенную) организацию, которая аккумулирует материальные, экономические, научно-технологические, финансовые, информационные, интеллектуальные ресурсы и трансформирует (генерирует) их в конечный инновационный продукт через знания, умения и навыки, профессиональную компетенцию, в разработку и выпуск конкурентоспособной продукции. Основой стратегического развития объединенной компании радиоэлектронной промышленности (РЭП) следует считать инновационную деятельность, поскольку интеллектуальная рента является одним из главных инновационных ресурсов, которыми располагает общество. Современная инновационная компания осуществляет: производство инновационной продукции и услуг своими силами; создает свой инновационный профиль — сумму ключевых компетенций и видов инновационной деятельности; формирует инновационную инфраструктуру для поддержки инновационной деятельности, обслуживающей в том числе и потребности региональной инновационной системы; развивает стратегическое партнерство с академической и вузовской наукой, про-

мышленностью, бизнесом и властными структурами; формирует инвестиционную привлекательность компании; развивает и реализует инновационный потенциал; готовит высококвалифицированные кадры; создает и инкубирует предприятия малого наукоемкого бизнеса; применяет инновационный менеджмент и современную организационную систему управления.

Пути развития инновационного направления вычислительной техники отчетливо проявлялись в 60–90-е гг. прошлого столетия в деятельности «НИИВК им. М. А. Карцева» как научно-исследовательские работы с внедрением достижений научно-технического прогресса, которые перешли в XXI век как инновационные работы, имеющие актуальность в настоящее время.

Институт имеет многолетний опыт в области создания вычислительных комплексов, обработки информации с радиолокационных станций для системы противоракетного нападения и командных пунктов.

За последние годы институтом по федеральным целевым программам и прямым договорам с заказчиком разработаны:

- высокопроизводительный многопроцессорный реконфигурируемый программно-технический комплекс;
- первичная обработка сигналов для системы активной и пассивной радиолокации, систем РЭБ, формирования диаграммы направленности ЦАФАР;
- система моделирования, проектирования, диагностики и испытаний вычислительных комплексов высокой производительности;
- базовая контейнерная платформа для построения спецвычислителей различного назначения;
- малогабаритная многофункциональная вычислительная платформа для жестких условий эксплуатации;
- мультипроцессорный малогабаритный масштабируемый спецвычислитель для перспективных гидроакустических комплексов;
- унифицируемый миниатюрный спецвычислитель со сверхнизким энергопотреблением для гидроакустической аппаратуры геологоразведки;
- информационный комплекс объединения навигационных данных различного типа (радиолокационных, спутниковых, видео), что позволяет создать объединенное с Минобороны информационное поле движения объектов в воздушном пространстве;
- многофункциональные аварийные вычислители-регистраторы («черные ящики») для транспортных средств различного назначения.



Министр промышленности и торговли РФ Д. В. Мантуров, председатель МКПП(р) Е. В. Панина, главный конструктор АО «НИИВК им. М. А. Карцева» С. А. Сорокин на выставке ММИФ

Ключевые направления развития института:

- развитие высокопроизводительных многоканальных вычислительных платформ (МВП) — перспективное ключевое направление деятельности института. Структура МВК позволяет использовать модули (x86 «Эльбрус», «Байкал», графические процессоры, ПЛИС) и создавать проблемно-ориентированную конфигурацию за счет установки необходимого набора модулей для максимально эффективного решения задач, в том числе задач вторичной и третичной обработки информации. Для высокой производительности вычислительных средств необходима разработка новых алгоритмов распараллеливания;
- развитие научно-исследовательского центра информационной безопасности с целью оказания услуг в области защиты информации, проведение специальных проверок и исследований оборудования, аттестации объектов информатизации;
- рассмотрение вопросов применения многоканальной высокопроизводительной вычислительной платформы;
- разработка «облачных технологий» в системах управления навигационным трафиком;
- разработки в части цифровой обработки радиолокационных сигналов для кораблей и самолетов, гидроакустике, радиопротиводействию, корабельной навигации, в системах мобильной связи. Предполагается использовать новейшие средства разработки и проектирования, современную элементную базу, усовершенствованные алгоритмы борьбы с активными и пассивными помехами;

- в части силовой электроники целесообразно применить в разработках изделий многофункциональные средства защиты РЭА от импульсных перенапряжений в сетях электроснабжения;
- разработка, проектирование и создание АСУ ТП с применением технологий искусственного интеллекта;
- проектирование и создание систем объективного контроля на воздушном, водном и железнодорожном транспорте;
- дальнейшее развитие лаборатории внешнего пилотирования и эксплуатации беспилотных воздушных судов;
- дальнейшее развитие лаборатории искусственного интеллекта;
- дальнейшее развитие учебного центра с целью обучения сотрудников, студентов современным информационным технологиям;
- расширение деятельности базовой кафедры РТУ МИРЭА;
- создание лаборатории в РТУ МИРЭА, оснащенной современной суперкомпьютерной техникой.

Сложившийся в обществе прогресс, опирающийся на достижения в области информационных технологий, мобильной связи, интернета, новые виды энергии и материалов, повлек за собой переход от разрозненных научных сообществ, конструкторских бюро, производственных предприятий к созданию технопарков, инжиниринговых центров, кластеров. При сохранении организациями определенной самостоятельности и независимости создаются условия для повышения конкурентоспособности на рынке высоких технологий.

В сложных условиях современности научно-исследовательский институт им. М. А. Карцева успешно решает задачи в области обеспечения обороноспособности и технологического суверенитета России, продолжая традиции и творя свою новую историю. Реализация ключевых направлений развития института позволит продолжить дело М. А. Карцева и явится проявлением глубокого уважения к его памяти.



Производство книг на заказ
Издательство «ТЕХНОСФЕРА»
125319, Москва, а/я 91
тел.: (495) 234-01-10
e-mail: knigi@technosfera.ru
Реклама в книгах:

- модульная
- статьи

Подробная информация о книгах на сайте
<http://www.technosfera.ru>

Карцев Михаил Александрович

Подписано в печать 05.10.23
Компьютерная верстка – ИП Автушенко Р.В.
Дизайн – Н.И. Семякина
Выпускающий редактор – О.Н. Кулешова
Ответственный за выпуск – С.А. Орлов

Формат 60×90/16
Гарнитура «Ньютон»
Печ. л. 22,75. Тираж 500 экз. Зак. № Т-667
Бумага офсет №1, плотность 65 г/м².

Издательство «ТЕХНОСФЕРА»
Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 2

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного электронного оригинал-макета
в типографии ООО «Мастер-Студия»
432071, г. Ульяновск, ул. Урицкого, д. 94, корп. 2