



*Alfred*

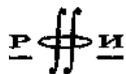
# **СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ**

**К 100-летию  
со дня рождения  
основоположника отечественной  
электронной вычислительной техники**



**МОСКВА  
ФИЗМАТЛИТ  
2002**

УДК 681.3  
ББК 32.973  
С32



Издание осуществлено при поддержке  
Российского фонда фундаментальных  
исследований по проекту 02-07-95008д

**Сергей Алексеевич Лебедев. К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники / Отв. ред. В.С. Бурцев. Составители: Ю.Н. Никольская, А.Н. Томилин, Ю.В. Никитин, Н.С. Лебедева. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 440 с. - ISBN 5-9221-0315-6.**

В книге собраны основные материалы о жизни и деятельности замечательного ученого, основоположника отечественной электронной вычислительной техники академика С.А. Лебедева и о его научной школе. В данное издание также включены научные труды С.А. Лебедева, описание главного наследия — ЭВМ и мощных вычислительных комплексов, созданных ученым и его учениками. В воспоминаниях близких С.А. Лебедева, его друзей, коллег и учеников воссоздается образ не только великого ученого, неутомимого труженика, но и скромного, обаятельного, мужественного человека. «Семейные байки» и материалы институтских капустников дают представление о жизнерадостной атмосфере, которая царила в семье Лебедевых.

**СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники**

Редактор *Н.В. Бартошевич-Жагель*  
Оригинал-макет: *В. В. Худяков*

ЛР №071930 от 06.07.99  
Подписано в печать 18.09.02. Формат 70x 100/16  
Бумага офсетная. Печать офсетная  
Уел. печ. л. 39,61. Уч.-изд. л. 41. Тираж 400 экз. Заказ № 6821

Издательская фирма «Физико-математическая литература»  
МАИК «Наука/Интерпериодика»  
117997 Москва, Профсоюзная, 90  
E-mail: [fizmat@maik.ru](mailto:fizmat@maik.ru)

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ППП «Типография «Наука»  
121099 Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 5-9221-0315-6



# СОДЕРЖАНИЕ

## Вступление

<i>Осинов Ю. С.</i> С. А. Лебедев — основоположник отечественной электронной вычислительной техники .....	5
<i>Патон Б. Е.</i> Рожденный для науки .....	7

## Раздел 1. К биографии С. А. Лебедева

<i>Бурцев В. С., Малиновский Б. Н., Лебедева Н. С.</i> Сергей Алексеевич Лебедев. Ученый, труженик, человек .....	9
Автобиография .....	49
Свидетельство Компьютерного Общества IEEE о награждении Сергея Алексеевича Лебедева медалью «Сотриггер Рюнегг» от 1 октября 1997 г. Москва, Россия .....	51
Основные даты жизни и деятельности С. А. Лебедева .....	54

## Раздел 2. Научные труды и статьи С. А. Лебедева

Искусственная устойчивость синхронных машин .....	57
Малая электронная счетная машина .....	73
Электронная цифровая вычислительная машина БЭСМ .....	146
Электронные вычислительные машины .....	203
Быстродействующие универсальные вычислительные машины .....	206
Мощное средство научного исследования .....	215
Электронная счетная машина .....	218
Назревшие задачи организации научной работы .....	220
Месяц в Японии .....	224
Хронологический указатель основных трудов академика С. А. Лебедева . . .	225

## Раздел 3. Научная школа С. А. Лебедева

<i>Мельников В. А.</i> Роль С. А. Лебедева в развитии отечественной вычислительной техники .....	231
<i>Бурцев В. С.</i> Научная школа академика С. А. Лебедева в развитии вычислительной техники .....	238
<i>Рябов Г. Г.</i> Первые шаги автоматизации проектирования ЭВМ .....	252
<i>Королев Л. Н., Томилин А. Н.</i> С. А. Лебедев и развитие математического и программного обеспечения вычислительных машин СССР .....	256

## Раздел 4. Вычислительные машины, созданные С. А. Лебедевым и учеными его школы

Вступление .....	262
МЭСМ .....	264
БЭСМ АН СССР (БЭСМ-1), БЭСМ-2 .....	266
«ДИАНА-1», «ДИАНА-2» .....	268
ЭВМ М-20, БЭСМ-4 .....	268
ЭВМ М-40, М-50, 5Э92 .....	269
СВМ 5Э89, набор электронных модулей «Азов» .....	270
ЭВМ 5Э926, 5Э51 .....	271
БЭСМ-6 .....	272
ЭВМ 5Э65, 5Э67 .....	274
ЭВМ 5Э26, 40У6 .....	274
АС-6 .....	276
МВК Эльбрус-1, Эльбрус-2 .....	277

## Содержание

СВС, ВК «Эльбрус 1-КБ» (1-КБ) .....	281
Модульный конвейерный процессор (МКП) .....	282
Вычислительная система (ВС) Эльбрус 3-1 .....	283
«Электроника СС БИС» .....	284
<b>Раздел 5. Публикация документов</b>	
Подборка поздравительных телеграмм и писем в адрес С. А. Лебедева . . . .	287
Письма С. А. Лебедеву из Китая .....	295
<b>Раздел 6. Наш Сергей Алексеевич (воспоминания близких, коллег, учеников)</b>	
<i>Лаврентьев М.А.</i> Из воспоминаний «Опыты жизни. 50 лет в науке» .....	306
<i>Марчук Г. И.</i> Наш патриарх .....	309
<i>Белоцерковский О. М.</i> Лебедев и Физтех .....	310
<i>Валиев К. А.</i> Главный конструктор ЭВМ С. А. Лебедев.....	311
<i>Бурцев В. С.</i> Учитель, воспитатель, друг .....	313
<i>Маврина Т. А.</i> Воспоминания о брате .....	320
<i>Лебедев С. С.</i> Вспоминая об отце .....	323
<i>Корзун И. В.</i> Мои друзья Лебедевы.....	334
<i>Рабинович З.Л.</i> О Сергее Алексеевиче Лебедеве (о киевском периоде его деятельности и личные воспоминания о нем) .....	345
<i>Лисовский И. М.</i> Сергей Алексеевич Лебедев. Создатель первой в континентальной Европе и в Советском Союзе цифровой электронной вычислительной машины (МЭСМ).....	358
<i>Элькснин В. С.</i> Воспоминания о Сергее Алексеевиче Лебедеве.....	370
<i>Головистиков П. П.</i> Из статьи «Первые годы ИТМ и ВТ» .....	372
<i>Рыжов В. И.</i> Сергей Алексеевич .....	375
<i>Бардиж В. В.</i> Кафедра ЭВМ .....	377
<i>Лаут В. Н.</i> Как я попал в ИТМ?.....	379
Из письма А. С. Федорова дочерям и сыну С.А. Лебедева .....	380
<i>Хетагуров Я. А.</i> Мои воспоминания о С. А. Лебедеве .....	381
<i>Артамонов Г. Т.</i> Отец по жизни .....	383
<i>Смирнов В. И.</i> Запоздалые воспоминания о Сергее Алексеевиче Лебедеве. .	384
<i>Томилин А.Н.</i> Справедливость, доверие, требовательность, доброта.....	388
<i>Хайлов И. К.</i> Из Физтеха в ИТМ и ВТ .....	389
<i>Митропольский Ю.И.</i> Воспоминания о С. А. Лебедеве.....	390
<i>Юдин Д. Б.</i> Встреча с С. А. Лебедевым.....	392
<b>Раздел 7. Друзья шутят</b>	
<i>Осечинская Е. И., Осечинский И. В.</i> Семейные байки.....	393
Из юбилейного капустника в ИТМ и ВТ 14 декабря 1973 г. ....	404
Из капустника-50 1998 г. ....	416
Сказка о радиолампах.....	422
<i>Гердт З.</i> Грамота .....	425
<b>Приложения</b>	
Литература о жизни и деятельности С. А. Лебедева .....	426
Сведения об авторах .....	429
Список сокращений .....	431
Именной указатель.....	433

# ВСТУПЛЕНИЕ

## **С. А. Лебедев — основоположник отечественной электронной вычислительной техники**

*Президент РАН академик Ю. С. Осипов*

2 ноября 2002 г. исполняется 100 лет со дня рождения выдающегося ученого, талантливого педагога, замечательного человека Сергея Алексеевича Лебедева. Еще студентом он начал разрабатывать новую в то время проблему устойчивости и регулирования больших энергосистем. Возглавив лабораторию, а затем и отдел во Всесоюзном электротехническом институте, С. А. Лебедев вскоре стал одним из крупнейших в стране специалистов по вопросам автоматизации электрических систем. Он успешно разрабатывал методы расчета искусственной устойчивости высоковольтных линий электропередач, создавал модели сетей переменного тока для определения оптимального режима работы сооружавшихся тогда в СССР мощных энергосистем. В ВЭИ незадолго до начала Великой Отечественной войны Сергей Алексеевич приступил к разработке принципов построения электронной вычислительной машины, в основе которой лежала двоичная система счисления.

Однако нападение фашистской Германии на СССР заставило ученого прервать эти исследования и сосредоточить все силы на разработке принципиально новых видов вооружения. В кратчайшие сроки он создал электронное устройство стабилизации танкового орудия при прицеливании, которое успешно прошло испытания и было принято на вооружение.

В 1945 г. Сергей Алексеевич был избран действительным членом АН УССР. Здесь он вскоре смог сконцентрировать свою творческую энергию на создании первой в СССР и в континентальной Европе электронной вычислительной машины. В 1947 г. в руководимом им Институте электротехники АН УССР была создана лаборатория, перед которой стояла задача: в кратчайший срок разработать и сдать в эксплуатацию электронно-вычислительную машину. В конце 1950 г. Малая электронная вычислительная машина начала работать, через год она была принята Государственной комиссией во главе с М.В. Келдышем.

Одновременно С.А. Лебедев продумывал принципы действия и схемы основных узлов большой (быстродействующей) электронной счетной машины (БЭСМ). Она была создана под его руководством уже в Москве, в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР в 1950-1953 гг. БЭСМ положила начало целой серии ЭВМ, разработанных под руководством и непосредственным участии С. А. Лебедева (БЭСМ-2, М-20, М-40, М-50, БЭСМ-4, БЭСМ-6, 5Э926, 5Э26, Эльбрус и многие другие).

Эти разработки определили столбовую дорогу мирового компьютеростроения на несколько десятилетий вперед. Следует подчеркнуть, что на момент своего создания и БЭСМ, и М-20, и БЭСМ-6 были самыми производительными ЭВМ в Европе и практически находились на уровне американских машин. В 1953 г. С. А. Лебедев возглавил ИТМ и ВТ и стал действительным членом АН СССР.

Сергей Алексеевич и его научная школа внесли огромный вклад в укрепление обороноспособности страны. Он непосредственно участвовал в создании ЭВМ для

радиолокационных и ракетных комплексов, первой в СССР системы противоракетной обороны (ПРО), противосамолетных комплексов «С-300» и др.

С. А. Лебедев воспитал научную школу разработчиков наиболее сложного класса средств вычислительной техники — быстродействующих суперЭВМ. За двадцать лет под его руководством было создано пятнадцать суперЭВМ, и каждая — новое слово в вычислительной технике, более производительная, более надежная и удобная в эксплуатации. Без этих суперЭВМ было бы немыслимым создание отечественного атомного оружия и атомной энергетики, ракетостроение, запуски искусственных спутников Земли, отправка космических кораблей с человеком на борту и многие другие результаты научно-технического прогресса.

Имя С. А. Лебедева носит ИТМ и ВТ РАН, бессменным директором которого он был почти четверть века. И в Российской академии наук, и в Национальной академии наук Украины учреждены научные премии имени С.А. Лебедева. Международное компьютерное общество присудило ему посмертно медаль «пионера вычислительной техники». Данный сборник — дань памяти этому великому ученому, свидетельство нашего безмерного к нему уважения и восхищения перед ним как цельным, скромным, прекрасным человеком.

Создание в тяжелые послевоенные годы первой оригинальной отечественной ЭВМ и многих последующих все более и более производительных вычислительных машин было научным подвигом С. А. Лебедева и его соратников. Имя Сергея Алексеевича Лебедева — основоположника отечественной электронной вычислительной техники — по праву стоит в одном ряду с именами И. В. Курчатова и С. П. Королева.



## Рожденный для науки

*Президент НАН Украины академик Б. Е. Патон*

Столетие со дня рождения академика украинской и российской академий, основоположника отечественной электронной цифровой вычислительной техники Сергея Алексеевича Лебедева (1902-1974 гг.) проводится в год Украины в России. Случайное совпадение двух казалось бы разных событий глубоко символично. Первые творческие успехи С. А. Лебедева в области электронной цифровой вычислительной техники связаны с его пятилетним пребыванием в Киеве. Именно здесь 44-летний ученый, широко известный выдающимися научными трудами и сложнейшими проектами в области энергетики, принял давно зревшее решение создать цифровую ЭВМ и блестяще осуществил свой замысел. Под его руководством в Институте электротехники АН Украины всего за два года силами небольшого коллектива была спроектирована, построена и в 1951 г. принята в регулярную эксплуатацию первая в бывшем Советском Союзе и в континентальной Европе малая электронная счетно-решающая машина МЭСМ с динамически изменяемой программой и параллельно-последовательным арифметическим устройством. Принципы построения МЭСМ были разработаны С. А. Лебедевым независимо от работ, осуществлявшихся в то время на западе и практически одновременно с учеными США и Западной Европы.

В 1952 и 1953 гг. МЭСМ была единственной ЭВМ в бывшем СССР, на которой решались важнейшие задачи того времени: фрагменты вычислений из области термоядерных процессов, космической и ракетной техники, дальних линий электропередач и др. Именно тогда было положено начало советской школы программирования.

Описание МЭСМ стало первым учебником по вычислительной технике. Лаборатория С.А. Лебедева выполнила роль организационного зародыша вычислительного центра АН Украины, на базе которого впоследствии был создан получивший широкую известность один из крупнейших в мире Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины.

МЭСМ явилась прототипом следующего детища Лебедева — Быстродействующей электронной счетной машины (БЭСМ), проектировать которую С. А. Лебедев начал еще в Киеве, но закончил после переезда в Москву (в 1955 г. на международной конференции в Дармштадте БЭСМ была признана лучшей в Европе ЭВМ). Рождение МЭСМ в трудное послевоенное время — это подлинный научный и инженерный триумф С. А. Лебедева и руководимого им талантливой коллектива.

За последующие 20 лет работы в Москве в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР (ныне РАН), где С.А. Лебедев был директором все эти годы и который носит сейчас его имя, под его руководством были созданы пятнадцать уникальных суперЭВМ для гражданских и военных применений. Заложенный С.А. Лебедевым еще в МЭСМ принцип распараллеливания процесса обработки информации был при этом существенно развит и остается до сих пор одним из основных при построении суперЭВМ. «Уметь дать направление — признак гениальности», — сказал о таких людях немецкий философ Ф. Ницше.

Раскрывшийся во второй половине жизни творческий потенциал С. А. Лебедева, сумевшего от ламповых ЭВМ прийти к ЭВМ на интегральных схемах, позволяет утверждать, что среди своих современников он является одним из крупнейших ученых-первопроходцев информационных технологий.

Замечательной чертой Сергея Алексеевича была его забота о молодежи, доверие к ней, поручение молодым решения самых сложных задач. Этому способствовал незаурядный педагогический талант ученого. Многие ученики Сергея Алексеевича стали крупными учеными и развивают свои научные школы.

Мы всегда будем гордиться тем, что именно в Академии наук Украины, в нашем родном Киеве, расцвел талант С.А. Лебедева как выдающегося ученого в области вычислительной техники и математики, а также крупнейших автоматизированных систем.

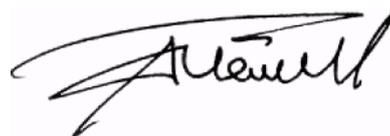
Сергею Алексеевичу ничто человеческое не было чуждо, он любил жизнь во всех ее проявлениях. Прекрасная семья русских интеллигентов Лебедевых собирала вокруг себя представителей передовой культуры того времени. Увлекался Сергей Алексеевич и спортом, особенно альпинизмом. И может быть, взбираясь на горные вершины, он готовил себя к познанию тех научных вершин вычислительной техники, которые он одним из первых в мире увидел и покорил.

Поистине велик был этот замечательный и вместе с тем очень скромный человек. Лучший памятник ему — талантливая научная школа, созданная им и продолжающая славные дела и традиции своего незабвенного Учителя.

Вся жизнь выдающегося ученого — это героический пример служения науке, своему народу. С. А. Лебедев всегда стремился объединить высочайшую науку с практикой, с инженерными задачами.

Он жил и трудился в период бурного развития электроники, вычислительной техники, ракетостроения, освоения космоса и атомной энергии. Будучи патриотом своей страны, Сергей Алексеевич принял участие в крупнейших проектах И.В. Курчатова, С.П. Королева, М.В. Келдыша, обеспечивших создание щита Родины. Во всех их работах роль электронных вычислительных машин, созданных Сергеем Алексеевичем, без преувеличения, огромна.

Его выдающиеся труды навсегда войдут в сокровищницу мировой науки и техники, а его имя должно стоять рядом с именами этих великих ученых.



## Раздел 1

### К БИОГРАФИИ С. А. ЛЕБЕДЕВА

#### **Сергей Алексеевич Лебедев. Ученый, труженик, человек**

*В. С. Бурцев, Б.И. Малиновский, Н.С. Лебедева*

Сергей Алексеевич Лебедев родился в Нижнем Новгороде 2 ноября 1902 г. Его дед Иван Андреевич, николаевский солдат, отслужил 25 лет штаб-трубачом в гусарском полку. От него требовалось особое мужество — трубач впереди войска, на виду у противника. Выйдя в отставку, поселился в Костроме, стал земским сторожем, женился на дочери псаломщика. 1 марта 1866 г. у них родился сын Алексей, спустя два года появился на свет Михаил. Свирепствовавшая в 1870 г. в Поволжье холера оборвала жизнь Ивана Андреевича Лебедева.

Нелегко пришлось его вдове и малолетним сыновьям. Мать стала работать на ткацкой фабрике. Четырехлетнего Алексея взяла к себе в деревню его тетка. В 9 лет он вернулся к матери в Кострому, два года ходил в приходскую школу, после чего пять лет работал конторщиком на той же фабрике, что и его мать. В городской библиотеке, которую он регулярно посещал, сблизился со сверстниками — семинаристами и гимназистами, увлекавшимися идеями народничества. Именно тогда Алексей твердо решил стать сельским учителем. С пятью рублями в кармане, скопленными за долгие месяцы работы, отправился в поселок Новинское Ярославской губернии поступать в учительскую семинарию, открытую К.Д. Ушинским для детей-сирот. Закончив ее, а затем и учительский институт с отличием, стал учителем. Мечтал об изменении жизни народа путем образования и просвещения. В селе Родники, где он преподавал, организовал кружок для своих коллег и крестьян, наладил доставку литературы в близлежащие деревни.

Его активную деятельность заметил видный народник М. В. Сабунаев, бежавший из сибирской ссылки и стремившийся объединить разрозненные кружки Нижнего Новгорода, Ярославля, Костромы и других волжских городов. Однако в декабре 1890 г. охранка провела повальные аресты среди народников. Был задержан и А.И. Лебедев, проведенный в тюрьме два года. После освобождения из заключения власти лишили его права заниматься педагогической деятельностью, учредили над ним негласный надзор полиции. По свидетельству Алексея Ивановича, «негласный надзор» выражался во вполне гласном, подозрительного вида господине в котелке и пальто горохового цвета, торчавшем у ворот его дома во всякую погоду [1].

Тем не менее Алексей Иванович, уехавший вскоре после освобождения в Кинешму, продолжил там свою просветительскую деятельность. Устроил при земской управе публичную библиотеку, привлек к регулярным чтениям большую группу рабочих и молодежи города, создал пропагандистский кружок. «А. И. Лебедева знаю как старого народовольца и видного общественника, литературного деятеля, известного мне по времени знакомства в Кинешме в 1894 г., где он вел культурно-общественную работу среди рабочих и крестьян, создавал публичную библиотеку с радикальным

подбором книг, занимался пропагандой» — писал в апреле 1929 г. разработчик ГОЭРЛО Г.М. Кржижановский [2].

Пытаясь скрыться от надзора полиции, Алексей Иванович перебрался в Калугу, а в 1896 г. — в Н. Новгород. 2 июля 1896 г. нижегородский губернатор получил секретную депешу из Петербурга: «В Департамент полиции получено срочное указание, что какое-то лицо, получившее отказ в принятии на службу в калужское земство, поступило в книжный магазин Попова в Н. Новгороде. Представляется возможным, что таким лицом может быть мещанин А. И. Лебедев» [3]. Шпики не ошиблись: после того, как калужский губернатор отказался утвердить в должности статистика губернского земства неблагонадежного литератора, тот переехал в Нижний и стал работать заведующим складом земства. Алексей Иванович вместе со своим другом прогрессивным журналистом, библиографом и создателем подпольных библиотек А. В. Пановым вошел в состав народовольческого кружка Н.В. Романова и М.А. Плотникова.

Нижегородская охранка докладывала в Петербург Департаменту полиции: «По агентурным сведениям и наблюдению по Н. Новгороду видно, что пропаганда неблагонадежных лиц направляется в среду сельских учителей и учительниц, руководят этим делом уже упоминавшиеся А. И. Лебедев и А. В. Панов. При посредстве некоторых лиц ими была нанята квартира для приезжающих сюда учителей и учительниц».

Особенно широкий размах приобрела эта деятельность в 1896 г. в период проведения в Н. Новгороде 16-й всероссийской торгово-промышленной и художественной выставки. В это время в Нижнем перебивало свыше 5000 учителей. «Незаконные собрания и митинги устраивались и в учительских въездных квартирах, и за Волгой, на Моховых Горах, и на берегу Оки за соляными амбарами», — писал в своих воспоминаниях об Алексее Ивановиче народовец Н.М. Капралов [4].

7 сентября 1896 г. А.В. Панов был арестован, а А. И. Лебедев, выехавший в это время за матерью в Кинешму, остался на воле. Он снял квартиру в четыре комнаты с двумя выходами во флигеле дома народника Х.В. Поддубенского, отбывшего 6 лет ссылки в Сибири. Там же поселился и его брат Михаил с женой Олимпиадой (урожденной Васильевой), входившие в круг ближайших друзей М. Горького [5]. Дочь состоятельных родителей, Олимпиада вышла замуж за рабочего-краснодеревщика. Горький, хорошо знавший историю брака Михаила и Олимпиады, отразил ее в пьесе «Мещане». Олимпиада Захаровна явилась прототипом Поли. В 1903 г. Михаил, профессиональный революционер, был арестован. О его жене и детях заботились Алексей Иванович, М. Горький и другие близкие семье люди.

В январе 1899 г. помощник пристава Кавдин, прототип героя горьковского рассказа «Палач», сообщил в полицию: «Состоящий под негласным надзором мещанин А. И. Лебедев 17 января с.г. повенчался в церкви 1-го тюремного корпуса с девицей, дворянкой, учительницей училища Гациского Анастасией Петровной Мавриной, 35 лет» [6]. До этого Алексей и Анастасия жили несколько лет в гражданском браке, но предстоящее появление на свет первого ребенка побудило их оформить свои отношения.

Дворянский род Мавриных известен с XV века. Отец Анастасии, достаточно крупный землевладелец, оставил свои поместья в наследство сыну Николаю. В то же время он позаботился о том, чтобы из 11 дочерей 9 получили высшее образование. Большинство из них преподавали в школах. Сама Анастасия Петровна являлась директором городского училища им. А. С. Гациского для девочек из бедных семей. Она, как и Алексей Иванович, была тесно связана с народническими кругами, ставившими цель распространения просвещения среди крестьян и рабочих. В ее училище под руководством А. И. Лебедева работал кружок, в который, кроме А. П. Мавриной, входили А. Тихомирова, А. Покровская и другие педагоги. Они отбирали для библиотек

и рецензировали лучшую детскую литературу, переправляли нелегальные издания в другие города и т. д.

Алексей Иванович и Анастасия Петровна поселились на Студеной улице в доме Гациского, а затем на втором этаже дома Карамзинского все по той же Студеной улице. Один за другим появились в семье четверо детей — Екатерина, Татьяна, Сергей и несколько позже — Елена.

Алексей Иванович по-прежнему уделял огромное внимание просветительской работе. К 100-летию со дня рождения А. С. Пушкина опубликовал свою первую библиографическую работу — «Александр Сергеевич Пушкин и его произведения». Ее успех воодушевил автора. Он взялся за подготовку указателя книг «Детская и народная литература», который был опубликован в 1900 г. в трех номерах журнала «Образование», через год вышел отдельной книгой. То была первая в России работа по руководству детским чтением. В ней не значились книги религиозного содержания или роскошные издания для богачей. В то же время ребятам рекомендовались не входившие в школьные программы произведения Горького, Вересаева, Короленко, Скитальца, Рубакина. За десятилетие книга переиздавалась шесть раз. Три тиража выдержала и вторая часть этого указателя, предназначенная для старшеклассников.

В 1902 г. Алексей Иванович создал «Издательство А.И. Лебедева», книжный склад и товарищество «Светопись». В мастерской «Светописи» три художника расписывали картины для показа через «волшебный фонарь». За умеренную плату издательство высылало заказчикам комплекты своих книг и брошюр. Кроме того, они продавались в магазинах Н. Новгорода, Петербурга, Москвы, Киева, Баку и многих других городов.

В период революции 1905 г. А. И. Лебедев — один из организаторов Крестьянского союза, губернский комитет которого избрал его своим председателем. Пытается издавать журнал «Русский крестьянин», однако его первый же номер запрещает цензура. Тогда Алексей Иванович направляет все силы на выпуск своих «Писем крестьянина». В конце 1905—1906 гг. вышло 13 «Писем» А. И. Лебедева тиражом в 3 млн экземпляров, которые бесплатно распространялись по всей России. Написанные доходчиво и просто, они давали ответы на злободневные вопросы — о земле, власти, положении малых народов. Наибольшим успехом пользовались выпуски «Крестьянство и земельный вопрос», «О черной сотне», «Что такое крестьянский союз» [7].

Стремясь помочь простым людям разобраться в политической ситуации, Алексей Иванович в 1906 г. подготовил и издал «Общедоступный словарь. Пособие для чтения газет и книг». То был прообраз современных политических словарей, идею которых впервые претворил в жизнь Алексей Иванович. В издании содержалось разъяснение пяти тысяч выражений и понятий, наиболее часто употреблявшихся в то время в печати. Тираж в 100 тыс. экземпляров разошелся в несколько недель.

В 1906 г. А.И. Лебедев опубликовал указатель «Что читать крестьянам и рабочим? Как завести библиотеку в деревне и на фабрике?». Построенный в форме живого диалога с читателем, он давал представление о тысяче лучших книг. Нижегородский окружной суд 3 марта 1911 г. в отношении этой работы вынес определение: «Брошюру под заглавием «А. И. Лебедев. Что читать крестьянам и рабочим» уничтожить... посредством сожжения». 24 мая приговор книге был приведен в исполнение во дворе суда [8].

В 1908 г. обозначился новый этап в деятельности А. И. Лебедева, который стал подлинным новатором в области теории и практики школьного дела. Он отстаивал необходимость проведения обширной реформы народного образования, выступал за трудовую общедоступную школу, за развитие активности учащихся. Алексей Иванович пропагандировал и обогащал идеи К. Д. Ушинского о свободном развитии личности, боролся за наглядность обучения и самостоятельность учащихся.

А. И. Лебедев писал: «Главные принципы воспитания — природоспособность, наглядность, самодеятельность... Злоупотребления грамматизмом, обширная программа, перегруженность учеников трудно перевариваемым материалом — все это нарушает принцип, препятствует общему развитию детей и приближает современную школу к средневековой, монастырской... Принцип наглядности мало осуществляется, а о принципе самодеятельности и совсем не слышно» [9].

Наибольший успех имели педагогические труды и учебные пособия А. И. Лебедева, изданные в 1908-1914 гг. — «Школьное дело» и учебник из трех книг («Шаг за шагом», «Букварь», «Книга для чтения в сельских школах»), пособие «Мир в картинках». Первым томом работы «Школьное дело», посвященным устройству и оборудованию школ, пользовались все земские учебные заведения. Третий том этого издания «Теория и практика воспитания» внес большой вклад в педагогическую науку. Тем не менее Ученый совет Министерства просвещения подготовил решение об уничтожении этой книги ввиду ее демократической направленности.

И Алексей Иванович, и Анастасия Петровна неукоснительно следовали принципу: сама жизнь народного учителя должна служить образцом для учащихся и их родителей. Примером и образцом были они и для своих детей. Девочки и их брат никогда не были праздными, всегда чем-то увлекались, были постоянно заняты любимым делом. Много знали и многое умели. Трудолюбие, безукоризненная честность, неприятие ябедничества, подобострастия, умение постоять за справедливость считались в семье незыблемыми принципами. Детей не ломали, но убеждали и заинтересовывали. В семье Лебедевых воспитывались натуры увлеченные, готовые отдать себя без остатка любимому делу, глубокие и гармоничные.

Сестра ученого Татьяна стала всемирно известной художницей, единственной россиянкай, получившей международную премию имени Г. Андерсена за развитие детской книги [10]. В качестве художественного псевдонима она взяла в 1930 г. фамилию матери — Маврина, менее распространенную, чем Лебедева. Ею созданы сотни живописных полотен, десятки тысяч акварелей, гуашей, рисунков, книжных иллюстраций. Ее картины экспонируются в Третьяковской галерее, музеях: Изобразительного искусства, Частных коллекций ГМИИ им. Пушкина, Русском, Пушкина, Абрамцевском, Троицко-Посадском, Нижегородском и во многих других музеях и частных коллекциях. Ее выставки с успехом проходили в Японии, Германии и других странах. Изданы десятки ее альбомов, сотни иллюстрированных ею детских книг. О ней написаны три крупные монографии, ей посвящено множество статей. В возрасте 95 лет она все еще продолжала творить и создавать шедевры, один из них был представлен на ее персональной выставке в Третьяковской галерее. В передаче по Би-Би-Си, посвященной творческим личностям-долгожителям, Татьяна Маврина называлась в одном ряду с Пабло Пикассо, Гремом Грином, Лоуренсом Оливье. Ее красочные, веселые и озорные, живо и точно сработанные полотна и рисунки вобрали в себя все лучшее, что было в народном искусстве, и в то же время базировались на достижениях мировой художественной культуры, прежде всего импрессионизме. Яркий, самобытный талант соседствовал у нее с нетерпеливой жадностью к работе, с одержимостью творца.

В своей автобиографии Т.А. Маврина (Лебедева) так описывает свою жизнь в Нижнем Новгороде: «Город стоит на Оке и Волге, на крутых Дятловых горах — название междуречья сохранилось, наверное, с давних времен. География фантастическая от гор, рек, болот, оврагов, лесов, всяких легенд; старых городов вокруг: Суздаль, Владимир, Юрьев Польский, Муром, Городец, а там живописные народные промыслы — городецкие, семеновские, хохломские, палехские, мстерские. Город в окружении фольклора, живого до сих пор, да еще прибавился в наше время полхмайдан. Система воспитания детей была на фольклоре, да еще обучали музыке в интеллигентных семьях и языкам, французскому и немецкому, да еще правилам

поведения в жизни, диктуемым, видимо, климатом с частыми дождями, ветрами, ледоходами больших рек, плаванием по этим рекам, плутанием по лесам, болотам. Много чтения, много мыслей, много всего кругом... Так это «много» осталось и дальше, до последних лет: много книг, много рисунков, много папок, много осталось и живописи». Из всего, что делали впоследствии Сергей и Татьяна, тянутся, по образному выражению Т. А. Мавриной, «дороги, тропочки, ниточки туда, где прошло детство, где «сорока кашу варила...» [11].

Сергей, по воспоминаниям Татьяны Алексеевны, во многом походил на других мальчишек: любил плавать и с легкостью переплывал Оку; по-нижегородски со страстью играл в лапту, козны, чушки, чижики, городки. Там, где надо было попадать, попадал. Очков тогда еще не носил.

С раннего детства любимым занятием всех четверых детей Алексея Ивановича был домашний театр, к постановкам которого относились со всей горячностью. Был сделан специальный ящик, из платка — раздвигающийся занавес. В ящик вставлялись картинки, нарисованные Таней и Катей. Маленький Сережа с выражением читал наизусть «Сказку о царе Салтане», девочки меняли картинки почти на каждую строчку. Зрителями обычно были мать и кухарка, иной раз и гости Алексея Ивановича. Маленький Сережа, любивший Пушкина, по несколько раз в день декламировал «Погасло дневное светило».

Зимой Сергей мастерил из полена корабль Нансена «Фрам», набивал киль, вытачивал мачты, каюты, прилаживал флаг и паруса. Весной, когда по Студеной бежали ручьи, корабль пускали по воде, но он к огорчению детей валился на бок. В следующую зиму делали новый. Столь же упорно мастерил Сергей динамо-машину. Когда она была готова, набили банку фольгой и пропустили сквозь эту «лейденовскую банку» проводки. Изобретателя ток не бил, слишком малы были разряды, но кошка, стоило к ней прикоснуться проводками, вырывалась и, оставив за собой шлейф из искр, пряталась. Двоюродная сестра С.А. Лебедева Ольга Михайловна писала: «Сережа был тихий, сосредоточенный мальчик по сравнению с нами, боевыми девочками. Больше всего увлекался проводками, которые тянул через стеллажи с книгами, стоящими в проходной, из столовой и кухни в бабушкину комнату. На полках он расставлял лейденовские банки, проводил электрические звонки. Дядя, несмотря на занятость, помогал Сергею» [12].

Летом жили на даче на берегу Оки. На чердаке хранился урожай яблок, ели, как правило, те, что с бочками, приберегая остальные на зиму. Там же отец прятал временами листовки. Можно представить ужас родителей, когда дети, озорничая, рассыпали пакет с прокламациями, а сквозной ветер разнес их по двору и саду. Собирали всем домом, но, к счастью, обошлось. Мимо их дачи летом проходил крестный ход, и нижегородские черносотенцы отмечали это событие погромами в домах «смутьянов». Доставалось и даче Лебедевых. Зная заранее время этого хода, семья пряталась у соседей. Затем долго приводили дом в божеский вид.

На реке стояла парусная лодка Лебедевых, называлась она «Кляча» — трехсельная и тяжелая. Сергей был рулевым, отец управлял большим парусом, Таня — кливером. Лодка была расписана цветными узорами диких индейцев, любовью к которым дети заразились, читая «Гайавату» в переводе Бунина. Сергей изображал индейца в сшитых девочками для него широких штанах на помочах и головном уборе с перьями, которые несколько лет собирали по окрестным полям. Разгуливая по лесам и оврагам, распевали песни индейцев собственного сочинения [13].

Первые два года Сергей учился в училище Гациского для девочек, за что его и дразнили «девчонка». Несказанно был рад, когда поступил в мужскую гимназию.

Любил играть с отцом в шахматы; проигрывая, сопел, но не плакал. Игнали на круглом шахматном столике на одной ножке, в которой был тайник для нелегальной литературы — изделие брата Алексея Ивановича Михаила.

Все друзья Сергея по гимназии были музыкантами. Сам он играл на пианино, хотя больших музыкальных способностей у него не было. Его любимыми композиторами были Бетховен и Григ. Увлекался живописью, особенно импрессионистами, любил фотографировать. Много читал, благо книги были повсюду: шкафов не хватало, соорудили полки даже в холодных сенях. Знал наизусть множество поэм и стихов. Любил Блока, Гумилева, зачитывался романами Дюма. Помня об этой его страсти, жена подарила ему на 60-летие 30-томное дореволюционное издание произведений Александра Дюма-отца.

Сергей любил и умел столярничать. Эту привязанность он сохранил на всю жизнь. В эвакуации, будучи уже профессором, из поленьев ухитрился изготовить детскую мебель. В 60-х годах академик на даче на своем верстаке мастерил и фанеровал красным деревом прекрасные кресла, декоративные полочки, по эскизам жены осовременивал домашнюю мебель.

Февральскую революцию и Алексей Иванович, и его дети встретили восторженно. А. И. Лебедев вновь развернул издательскую деятельность, составил и выпустил в свет четыре сборника «Песни свободного народа». В февральские дни Татьяна с подругами-гимназистками присоединилась к колонне рабочих и студенческой молодежи, штурмовавшей городскую тюрьму и освобождавшей политзаключенных.

Поначалу в семье с надеждой восприняли и Октябрьскую революцию. Но по мере развития событий, настроение становилось все более мрачным. И не потому, что Лебедевы, как и вся страна, голодали, а отдел народного образования перебрасывал просветителя из одного города в другой (Симбирск, Курмыш, Сарапул). Страшнее было то, что людей обрекали на голод духовный, уничтожали культуру и робкие ростки свободы, за которые так страстно боролся Алексей Иванович всю свою жизнь. Он возненавидел Ленина и говорил о нем уже как о дьяволе.

В 1918 г. губернский отдел Наркомата просвещения поручил Алексею Ивановичу организацию трудовых школ в Симбирске, где Сергей продолжил учебу в школе второй ступени. Однако вскоре губком РКП(б) направил А.И. Лебедева в глухой городок Курмыш для преподавания в школе и на учительских курсах. В 1919 г. на Всероссийском съезде работников просвещения Алексей Иванович встретился со своим другом по Нижнему Новгороду С. И. Мицкевичем. Последний рекомендовал его А.В. Луначарскому как хорошего специалиста и прекрасного организатора [14]. После недолгого пребывания в Сарапуле в качестве директора школы-коммуны по вызову наркома просвещения Алексей Иванович в 1920 г. выехал в Москву. С собой взял Сергея, чтобы он мог продолжить учебу в гимназии. На А. И. Лебедева была возложена организация диапозитивного подотдела кино-фото отдела Наркомпроса и организация государственного производства диапозитивов. Помимо этого, он редактировал «Рабоче-крестьянскую библиотеку» Госиздата, помогал А.И. Пискунову в создании газеты «Московский крестьянин» и в выпуске других изданий. Однако народническое прошлое и пятилетнее пребывание Алексея Ивановича в партии эсеров вскоре стало непреодолимым препятствием для продолжения активной общественной деятельности. В 30-е годы А. И. Лебедев занимался подготовкой педагогических трудов, писал популярные книги. 29 февраля 1940 г. его не стало.

Когда Алексей Иванович выехал в Москву, Анастасия Петровна, заболевшая тифом, вместе с дочерью задержалась в Сарапуле. В бреду все напоминала Тане и Кате — не упустите самовар. В своих воспоминаниях Татьяна Алексеевна писала: «Мы научились с ним управляться и ждали вестей из Москвы. Приехал за нами героический Сергей. Гимназическая шинель внакидку (вырос уже из нее!). На ноги мы приспособили ему «валенки» из рукавов ватного пальто. Выменяли на самовар мешок сухарей у сапожника. Сергей получил какие-то командировочные харчи. Где-то и как-то добыл теплушку (по мандату из Москвы) и возчика, чтобы отвезти на железную дорогу вещи, нас с Катей и маму, остриженную после тифа наголо,

закутанную в меховую ротонду. В теплушке посередине лежал железный лист, на котором можно было разводиться костерок для обогрева и варки похлебки из сухарей. На остановках Сергей с чайником бегал за водой. Мы запирали дверь на засов, чтобы к нам никто не залез. И так за какие-то длинные дни доехали до Москвы-сортировочной, где поставили наш вагон. «Теплушку» заперли или запечатали, не помню, а мы пошли пешком по мокрому московскому снегу, по воде дошли до Сухаревой площади» [15].

В доме № 6 весь третий этаж занимала диапозитивная мастерская Алексея Ивановича. Кроме кабинета А. И. Лебедева, ни одна из комнат не отапливалась и не была обставлена мебелью. Татьяна выбрала себе кладовую с окнами, выходящими на площадь, раскрашивала на подоконнике диапозитивы. Однако с развитием кино диапозитивное дело сошло на нет, мастерскую закрыли. Комнаты заселили сотрудниками кино, возникла коммуналка с 14 комнатами и 32 жильцами. В этой квартире Сергей Алексеевич прожил до 1929 г., его родители — до конца своих дней, сестры — до начала 60-х годов, когда появилась возможность вступить в жилищные кооперативы.

Зима 1920—1921 гг. была холодной, и молодежь, прицепившись к вагону трамвая, отправлялась в Ленинскую библиотеку, где было тепло, можно было читать любые книги, смотреть художественные альбомы. Весной и летом на том же трамвае через всю Москву ездили до Новодевичьего монастыря, купались и загорали. Дочери Алексея Ивановича, окончившие еще в Нижнем среднюю школу, в 1921 г. поступили в высшие учебные заведения: Катя в Институт востоковедения, Татьяна, занимавшаяся еще в Нижнем в художественном кружке, в Высшие художественно-технические мастерские, знаменитый ВХУТЕМАС.

Сергея переезд в Москву поставил перед выбором дальнейшего пути в жизни. В 1921 г. правительство утвердило план государственной электрификации России (ГОЭЛРО). Его необходимость была обоснована еще накануне первой мировой войны Комиссией по использованию природных ресурсов во главе с В.И. Вернадским, ставшим в 1919 г. первым президентом Академии наук Украины. План электрификации России открывал величественные перспективы развития страны, ее научно-технического прогресса. Сергей, и раньше увлекавшийся электротехникой, принял окончательное решение поступать в Московское высшее техническое училище (МВТУ) им. Баумана на электротехнический факультет.

Однако для получения полного среднего образования ему необходимо было пройти еще курс трех старших классов. Огромная трудоспособность, основательная и разносторонняя подготовка прошлых лет, помощь родителей позволили ему в течение одного лета завершить освоение программы средней школы и сдать экзамены экстерном. В 1921 г. его приняли в МВТУ.

Начало 20-х годов. Страна измучена гражданской войной и страшнейшим в ее истории голодом. Плохо работал транспорт, в училище Сергей добирался, как правило, пешком. Мизерные пайки не заглушали постоянное чувство голода.

В. И. Ленин, осознав, наконец, всю бесперспективность политики военного коммунизма, добился принятия новой экономической политики. И как по волшебству, магазины стали ломиться от всевозможных товаров. Витрины лавок, магазинов, ресторанов манили всевозможными деликатесами — колбасами, окороками, рыбинами, икрой, сладостями и фруктами. Но денег на все это пиршество не было. Чтобы хоть как-то прокормиться, приходилось разгружать вагоны, таскать мешки с мукой, счищать снег с крыш и т. д. Бывало, студенты из Баумановки портили в каком-нибудь трактире проводку, а затем как ни в чем ни бывало являлись туда и за обед или ужин соглашались ее починить.

Нехватка материальной пищи с лихвой восполнялась пищей духовной. Сергей вместе с сестрами посещал выставки, сидя на галерке консерватории, слушал кон-

церты классической музыки. Бывал на вечеринках сестер, у которых собирались художники, литераторы, актеры. Одна из подруг Тани — студентка ВХУТЕМАСа, художница по тканям Анна Рафаиловна Гурвич и ее будущий муж Исай Аронович Ритман вскоре стали близкими друзьями Сергея, а впоследствии и его жены. Их сын Рафа и дети Лебедевых остаются и по сей день ближайшими друзьями.

Со своей будущей женой, 16-летней студенткой Института им. Гнесиных виолончелисткой Алисой Штейнберг, Сергей встретился в 1927 г. и сразу влюбился в нее. Однако сестры Сергея поначалу приняли ее в штыки, мечтая о женитьбе брата на своей подруге, которую из-за маленького роста все звали Фунтик. Алиса уехала на Урал, пробовала себя в театре. Не выдержав разлуки, вернулась в Москву.

В 1929 г. молодые поженились. Поселились в коммунальной квартире в комнате, которую им на какое-то время уступил муж Елены Григорьевны, сестры Алисы, Макс Абрамович Блюменфельд. Как сторонник Троцкого он вскоре был арестован и погиб в сталинских лагерях. На архипелаге ГУЛАГ бесследно исчез и муж сестры Сергея Екатерины Алексеевны, которая всю оставшуюся жизнь провела в одиночестве. Несколько лет в лагерях пробыл и отец Алисы Григорий Ефремович Штейнберг, один из крупнейших специалистов по экспорту зерна в дореволюционной России.

Чета Лебедевых прожила вместе 45 лет вплоть до кончины Сергея Алексеевича. За эти долгие годы супругам многое довелось пережить, случались и трудные времена. Алиса Григорьевна была наделена талантами человека не в меньшей степени, чем Сергей Алексеевич талантом ученого. Красота, темперамент, блеск, экстравагантность, остроумие, дар рассказчика соседствовали у нее с удивительной способностью понять и согреть, с радушием и обаянием, готовностью прийти на помощь при первой необходимости, с гражданским мужеством. Смеясь, ее муж говорил, что в ней не одна женщина, их много, и стал обращаться к «ним» на Вы. Так к этому привык, что до конца своих дней не отказался от этого шуточного «Вы». Во время празднования серебряной свадьбы Лебедев скажет: «Я пережил с мамкой всю гамму чувств, но единственное, чего я с ней не знал, так это скуки».

Будучи весьма энергичной и решительной, Алиса Григорьевна являлась полновластной хозяйкой в доме, подчиняя всех своей воле в житейских делах. Тем не менее она была абсолютно бессильна, когда речь касалась работы супруга. Никакие уговоры и увещевания жены не могли заставить Сергея Алексеевича приостановить работу, даже если она длилась без перерыва уже вторые или третьи сутки. Не оказывало воздействия на мужа и ее негативное или позитивное отношение к кому-либо из сотрудников или коллег. Но, формируя дружную, хорошую семью, обеспечивая жизнерадостную атмосферу в доме, Алиса Григорьевна способствовала научному творчеству мужа. Недаром на одной из подаренных ей своих книг Сергей Алексеевич напишет: «Соавтору Алисе Григорьевне Лебедевой».

В студенческие годы со своими однокурсниками Сергей ходил летом в горы, совершал двухнедельные походы на велосипедах, плавал на яхтах, байдарках, зимой в выходные друзья проходили на лыжах по 40-50 км за день. Но главным в жизни уже в это время становится научная работа, упорные и напряженные исследования в лабораториях, изучение отечественной и иностранной литературы.

Сергей специализировался в физике высоких напряжений. Его учителями и научными руководителями были такие выдающиеся ученые, как Леонид Иванович Сиротинский, Александр Александрович Глазунов, принимавшие активное участие в разработке плана электрификации России. И все же главную роль сыграл в его творческой судьбе создатель Всесоюзного электротехнического института Карл Адольфович Круг. Именно он писал записку В.И. Ленину, доказывая необходимость создания ВЭИ для решения проблем электрификации. Дважды по просьбе Круга СНК СССР выделял средства Институту — 100 тыс. золотом на закупку оборудования в Германии и строительство корпусов Института. Правда, после смерти Ленина

эти средства перебросили на строительство ЦАГИ и возведение Днепрогэса. Тем не менее помещения для ВЭИ продолжали строиться [16].

В это же время А. К. Круг лично подбирал и готовил будущих исследователей для решения новых, не имевших аналогов по сложности электротехнических задач. Они были связаны с созданием электростанций, возведением линий электропередачи высокого напряжения, обеспечивающих объединение станций и электросетей в региональные системы. Планом ГОЭЛРО предусматривалось в перспективе создание единой энергосистемы европейской части СССР и соединение ее в дальнейшем с энергосистемами Сибири.

Концентрация генерирующих мощностей на крупных электростанциях и объединение их для параллельной работы являлись одним из главных направлений научно-технического прогресса в электроэнергетике. Но в конце 20-х-начале 30-х гг. отечественный и зарубежный опыт показал, что при этом возникает специфическая для дальних электропередач и энергосистем переменного тока проблема устойчивости. Необходимы были теоретические и экспериментальные исследования, разработка методов расчета устойчивости, различных способов ее повышения. К решению этих проблем К.А. Круг и привлек своего любимого ученика — Сергея Лебедева, ставшего его дипломником.

Работая над дипломным проектом, С. А. Лебедев должен был решить чрезвычайно ответственную задачу. При передаче больших мощностей на дальние расстояния имеется опасность выпадения отдельных систем из синхронизма. Малейшее превышение предела мощности — и вся система распадается. В результате тяжелейшая авария, после которой все приходится начинать с нуля. Следовало выявить причины разбалансировки и методы ее предотвращения.

Уже во время подготовки дипломной работы «Устойчивость параллельной работы электростанций» в полной мере проявились научная одержимость и творческий задор ученого, черты, которые будут ярко характеризовать весь путь в науке будущего родоначальника отечественной электронной вычислительной техники. Он не спешил поскорее получить диплом инженера, но целых два года упорно и напряженно трудился над решением сложнейшей научной задачи, имевшей к тому же огромное практическое значение.

Содержание его дипломного проекта далеко выходило за рамки студенческих, в большинстве своем ученических, работ. Сергей Лебедев решал проблему параллельной устойчивости работы станций так успешно, что на его защиту, состоявшуюся в апреле 1928 г., собрались студенты нескольких факультетов. Не раз защита диплома прерывалась аплодисментами, после ее окончания Сергеем устроили овацию, подняли на руки и качали [17].

Этот первый триумф Лебедева помнили многие бауманцы. Большинство из них просто не ожидало такого прорыва в науке от скромного, несколько застенчивого, непритязательного юноши, проходившего все студенческие годы в старенькой гимназической шинели.

Получив диплом инженера-электрика, С.А. Лебедев в 26 лет становится самым компетентным в стране специалистом по теории надежности в электротехнике. Его оставили на кафедре в МВТУ им. Баумана в качестве преподавателя и одновременно зачислили в ВЭИ младшим научным сотрудником. Всю свою дальнейшую жизнь он успешно совмещал исследовательскую и преподавательскую деятельность.

В ВЭИ А.К. Круг поставил перед С.А. Лебедевым новые, еще более сложные задачи, предоставил возможность набрать сотрудников для своей группы, вскоре преобразованной в лабораторию электрических систем. Основным направлением работы молодого завлаба стала область мощных энергосистем, организация которых тогда была перспективной задачей электрификации страны. Предстояло исследова-

ние и изучение устойчивости параллельной работы электростанций, регулирования напряжения и частоты, передачи электроэнергии на большие расстояния.

Сергей Алексеевич в короткий срок создал стройную теорию переходных процессов в синхронных машинах. В 1929 г. он опубликовал одну из первых в отечественной литературе научных статей, посвященных устойчивости параллельной работы электростанций [18]. В апреле 1931 г. С.А. Лебедев выступил в качестве одного из основных докладчиков на Всесоюзной конференции по передаче больших мощностей на далекие расстояния токами сверхвысоких напряжений. В следующем году одна за другой в журнале «Электричество» и других научных изданиях печатались его статьи по теории статической устойчивости при предельной мощности стационарных режимов дальних передач и динамической устойчивости многомашинных систем при больших возмущениях и переходных процессах [19]. В них С.А. Лебедев успешно развивал методику инженерных расчетов устойчивости и исследовал различные способы ее повышения. Проблема создания единой высоковольтной системы СССР исследовалась в статье С.А. Лебедева и А.И. Колпаковой, включенной в многотомный коллективный труд «Генеральный план электрификации СССР» [20].

В 1933 г. С.А. Лебедев в соавторстве с сотрудником своей лаборатории математиком П.С. Ждановым опубликовал монографию «Устойчивость параллельной работы электрических систем». В 1934 г., дополненная и переработанная, она была переиздана. В ней излагались теория, методы расчета и способы повышения устойчивости энергосистем. Во втором издании особое внимание обращалось на методику расчетов динамической устойчивости. В связи с этим были значительно расширены главы, посвященные теории переходных процессов в синхронных машинах. В мировой литературе ничего подобного к тому времени не было. Многие годы эта книга широко использовалась исследователями, проектировщиками и производственниками, служила в качестве учебного пособия для вузов.

В статьях С. А. Лебедева и монографии Лебедева—Жданова впервые в отечественной литературе были выведены и проанализированы дифференциальные уравнения электромагнитного и электромеханического переходного процесса для синхронных машин, аналогичные уравнениям Лонглея в американской литературе. С тех пор они стали называться «уравнениями Лебедева—Жданова». Введенные лебедевской теорией устойчивости уравнения дали возможность весьма успешно решать ряд задач при анализе режимов энергосистем и синтеза автоматических регуляторов возбуждения синхронных машин [21].

Сотрудники лаборатории С.А. Лебедева и в первую очередь ее заведующий работали увлеченно и эффективно. Все понимали значимость проводившихся исследований для энергетики страны, для ее нарождавшейся индустрии. Руководство ВЭИ пошло даже на проведение натуральных испытаний по искусственному разрушению устойчивости станций. На Волховской ГЭС проводился эксперимент, а в Ленинграде, куда от нее по двум линиям шел ток мощностью в 150 кВт, снимались осциллограммы. Требовалось смоделировать процесс развала энергосистемы, чтобы затем найти пути его устранения.

Изучение развала энергосистем в натуральных условиях было, естественно, чрезвычайно дорогостоящим и сложным делом, что побудило С.А. Лебедева пойти по пути моделирования. Собранные им на столе схемы и блоки позволили имитировать асимметричные нагрузки, изучить многовариантный процесс распада системы в лаборатории. Чтобы достичь аналогичных результатов при натуральных испытаниях, пришлось бы вывести из строя все электростанции Советского Союза [22].

Смоделировав и освоив процесс распада электрических систем, Сергей Алексеевич смог перейти к созданию регуляторов устойчивости, предупреждающих выпадение генератора из синхронизма. Автоматические регуляторы Лебедева стали

эффективным средством, предупреждающим аварии. Однако их разработка тормозилась сложностью математических вычислений. Это и заставило Сергея Алексеевича перейти к математическому моделированию с помощью аналоговых вычислительных машин. При этом не было необходимости в создании настольных моделей. Аналоговая вычислительная машина сама по себе уже являлась моделью рассчитываемой на ней энергосети. Параметры проходящего через нее во время счета тока и параметры тока в рассчитываемой энергосистеме описывались одними и теми же дифференциальными уравнениями. Отсюда и название — аналоговые.

Под руководством С.А. Лебедева и при его непосредственном участии в ВЭИ были разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию в тресте «Теплоэлектропроект» (Москва) и энергосистеме «Уралэнерго» (Свердловск) модели оригинальной конструкции с высокой степенью автоматизации при выполнении расчетов. Они были описаны в статье Сергея Алексеевича «Модель сетей переменного тока системы ВЭИ» [23].

В дальнейшем, особенно в послевоенное время, это направление моделирования широко развивалось и в СССР, и за рубежом. Вплоть до появления электронно-вычислительных машин модели служили основным средством анализа и оптимизации режимов работы сложных электроэнергетических систем.

В МВТУ (с 1930 г. после преобразования электротехнического факультета МВТУ в Московский энергетический институт — в МЭИ) Сергей Алексеевич некоторое время вел раздел по основам электротехники, но вскоре стал читать студентам свой оригинальный курс — «Устойчивость работы параллельных электрических станций». Через некоторое время он был введен во всех энергетических вузах страны. Молодой ученый выступал с большим количеством докладов и сокращенных курсов в энергетических и проектных организациях. 23 октября 1935 г. ВАК присвоил С. А. Лебедеву, который не был еще доцентом, звание профессора по кафедре «электрические станции и сети». И в дальнейшем Сергей Алексеевич как бы переступал через ступеньку — не будучи кандидатом наук, стал доктором, не став членом-корреспондентом, был избран академиком.

В 1936 г. лаборатория электрических систем значительно расширила работы в области автоматического регулирования и объединилась с лабораторией автоматики ВЭИ в единый отдел автоматики, который возглавил Сергей Алексеевич. Объектами автоматизации были блюминги, прокатные станы, энергосистемы. Но С.А. Лебедев уже тогда полагал, что есть еще один чрезвычайно важный объект для автоматизации — научные исследования и математические расчеты. В 1936—1937 гг. в отделе автоматики начались работы по созданию анализаторов для решения дифференциальных уравнений. Кроме того, отдел занимался проблемой управления энергетическими системами (С.А. Лебедев, П.С. Жданов, А.А. Гродский); теорией автоматического регулирования (Л.С. Гольдфарб, Д.И. Марьяновский, В.В. Солодовников); новыми средствами автоматики (Д.В. Свечарник), телемеханикой (А.В. Михайлов) [24]. Это было настоящее созвездие молодых талантов. Многие из них стали близкими друзьями Сергея Алексеевича и Алисы Григорьевны. С Львом Семеновичем и его будущей женой Аллой Петровной Гольдфарбами Лебедевых всю их жизнь связывала тесная дружба, эстафету у них приняли дети. Теплые отношения были у четы Лебедевых с Марьяновским, Свечарником и другими вэивцами.

С Д.В. Свечарником С.А. Лебедев ходил в горы, поднимался на Эльбрус. «Последние 50 метров на подходе к седловине я буквально прополз, — писал в своих воспоминаниях Свечарник. — Сергей Алексеевич довольно бодро шагал. Рискованно прыгал с камня на камень, и проводник, глядя на него, цокал языком и приговаривал: «Ай, ай, такой старый и такой смелый!» («старому» тогда было 35 лет). Но смелым он действительно был — и не только в горах. В злобещем 1937 г. боязливый руководитель отдела электрических машин ВЭИ уволил А. Г. Иосифьяна... Отец

ученого был армянским священником и дашнаком, что и испугало его начальника. Сергей Алексеевич, не колеблясь, пригласил его в свой отдел. В те страшные 30-е годы, когда подсиживание и доносительство были обычным явлением, в отделе ВЭИ, которым заведовал Сергей Алексеевич, сотрудники чувствовали себя уверенно и спокойно. И я, и А. Г. Иосифьян, и такие известные ученые, как А. В. Михайлов, А. А. Фельдбаум, Н.Н. Шереметьевский и многие другие — все мы «птенцы гнезда» Сергея Алексеевича, бывшие сотрудники его отдела в ВЭИ» [25].

Сергей Алексеевич проявлял истинное мужество, помогая не только своим коллегам, но и совершенно незнакомым ему людям. Как-то сотрудница ВЭИ Ирина Вячеславовна Корзун рассказала Сергею Алексеевичу об аресте своего знакомого и невозможности посылать ему посылки из Москвы. С.А. Лебедев, не раздумывая, предложил свою помощь — он часто ездил в командировки в Иваново. Легко себе представить, чем все это могло обернуться для самого Лебедева, который не один раз отправлял посылки незнакомому ему лично «зэку». Упорно хлопотал Лебедев и за саму Ирину Вячеславовну, которая вместе с Нелли Казаковой в 30-е годы первой из женщин поднялась на вершины Памира, а в начале войны пыталась сформировать женский моторизованный отряд. Однако ее арестовали и как немку выслали на Южный Урал. Дружба Лебедевых с Ириной Вячеславовной также длилась всю их жизнь и перешла по наследству к их детям [26].

Руководя отделом, С.А. Лебедев был требователен и строг, но тактичен и справедлив. Своей увлеченностью заражал других, всегда готов был прийти на помощь, вникал в суть работ своих сотрудников, подчас весьма далеких от его собственной научной проблематики. Он быстро смог оценить суть спроектированной Марьяновским и Свечарником системы автоматизации прокатных станков, в которой использовался принцип введения гибких нелинейных обратных связей. Когда на заводе ВЭИ отлаживали опытный образец этой системы, она с ходу не пошла. Сергей Алексеевич нашел в чертежах соединение, из-за которого были неполадки, молча показал на него и так посмотрел на разработчиков, что те готовы были сквозь землю провалиться. Через год аппаратура успешно прошла испытания на стане-500 в Днепродзержинске [27].

С начальством Сергей Алексеевич держался с неизменным достоинством, никогда не терял выдержки, решительно и аргументировано отстаивал интересы дела. Самоуглубленный, немногословный и скромный, он в то же время был чуть-чуть озорным. Друзья называли его «профессор-шалун».

Сам Сергей Алексеевич с женой, ее матерью пианисткой Елизаветой Сергеевной Штейнберг и родившимся в 1935 г. сыном Сергеем жил в Лефортово, на Красноказарменной улице. Это был один из четырех корпусов, построенных для сотрудников ВЭИ. Семья вплоть до переезда в Киев в 1946 г. занимала две небольшие комнаты, в третьей жили соседи.

После рождения Сережи, будущего математика, «солнышка», как называл его в детстве отец, у Алисы Григорьевны началась грудница в крайне тяжелой форме. Несколько месяцев она была прикована к больничной койке. Сергей Алексеевич до и после работы носил кормить грудного ребенка к жене в больницу. Ходил пешком, чтобы не дай бог не заразить малыша в трамвае. Вечером сам купал мальчика, после чего с книгой по уходу за грудными детьми в одной руке, и тальком в другой обихаживал сына.

В июне 1939 г. родились близнецы — Катя и Наташа, ставшие впоследствии одна пианисткой, другая историком. Дети росли в основном под присмотром матери. Однако сам стиль жизни Сергея Алексеевича, его невероятная трудоспособность, скромность, бескорыстие и честность оказывали глубочайшее воздействие на детей. Отец делал замечание или советовал что-то одному из них не чаще, чем раз в несколько месяцев, и естественно, его рекомендации незамедлительно выполнялись.

В семье вспоминают такой случай. Трехлетний Сережа был привередлив в еде. Однажды Алисе Григорьевне пришлось уехать; с сыном остался отец. Утром Сергей Алексеевич приготовил мальчику завтрак, однако избалованный малыш отказался его есть. Вся еда была убрана до обеда. Днем вновь капризы, и вновь со стола все исчезло. Так продолжалось три дня. К вернувшейся матери сын бросился со слезами: «Мама, меня папа голодом заморил!». Но с тех пор он ел все, что ему предлагали.

Сергей Алексеевич работал вечерами и по выходным в общей комнате, где на нем висли дети, сообщала новости и рассказывала забавные истории жена. Летом снимали дачу в Переделкино. Здесь у Лебедевых собирались друзья Алисы Григорьевны: писатели Евгений Петров и его жена Валечка, Илья Ильф, Михаил Светлов, Александр Фадеев, без памяти влюбившийся в Алису Григорьевну и уговаривавший ее оставить мужа. Какое-то время А. Г. Лебедева работала секретарем у К. И. Чуковского. Толпа друзей никогда не раздражала работавшего сутками Сергея Алексеевича. Он не только не сердился за это на жену, но черпал новые силы в жизнерадостной атмосфере дома [28].

Уделяя много внимания руководству отделом, С. А. Лебедев продолжал интенсивно трудиться над проблемой искусственной устойчивости энергосистем. Его фундаментальные исследования, обосновавшие возможность так называемой искусственной устойчивости электропередачи и энергосистем на основе созданных им автоматических регуляторов возбуждения синхронных машин открыли новую страницу в электротехнике. В работах «Анализ искусственной устойчивости генераторов» («Электричество», 1938, № 4) и «Исследование искусственной устойчивости» (в сб. статей «Устойчивость электрических систем и динамические перенапряжения», М., 1940) Сергей Алексеевич показал, что эти регуляторы не должны иметь зоны нечувствительности, а в контур регулирования необходимо ввести сигналы не только по отклонению, но и по первой и второй производным этого отклонения регулируемого параметра [29].

Теоретические выводы о возможности значительного увеличения устойчивости работы энергосистемы были подтверждены лабораторными и эксплуатационными испытаниями. На основе этих исследований под руководством С. А. Лебедева в ВЭИ были разработаны и созданы автоматические регуляторы напряжения. На наиболее мощной и протяженной в то время электропередаче в СССР (Новомосковская ГЭС — Москва) были проведены натурные исследования устойчивости, подтвердившие эффективность этих регуляторов. Впоследствии аналогичные регуляторы были установлены и на других станциях, получив высокую оценку эксплуатационщиков. Во время войны они надежно распределяли поставку электроэнергии на заводы Урала, круглосуточно работавшие на оборону.

Разработанная и воплощенная в конкретные технические решения и методики теория искусственной устойчивости была положена в основу докторской диссертации Сергея Алексеевича. Работа была готова, но диссертант длительное время не мог ее защищать — затерялся диплом об окончании вуза. Его дубликат соглашались выдать при предъявлении зачетной книжки, но и она куда-то исчезла. Когда об этом узнал ректор МЭИ профессор М. Г. Чиликин, он долго смеялся и быстро устранил столь трудное для Сергея Алексеевича препятствие. Защита состоялась в 1939 г. в Энергетическом институте АН СССР и прошла с большим успехом.

После принятия правительством решения о сооружении Куйбышевского гидроузла С.А. Лебедев в 1938—1940 гг. осуществил в Теплоэнергопроекте научно-техническое руководство разработкой проектного задания по сооружению сверхмощной (порядка 600-1000 МВт) и сверхдальней (порядка 1000 км) магистральной линии электропередачи. Она должна была стать прототипом других подобных линий аналогичного масштаба. В этой работе ученый смог полностью реализовать накопленный опыт, а также решить ряд сложных теоретических проблем, разра-

ботать новые методы расчета. В частности, была использована созданная Сергеем Алексеевичем расчетная модель электрических сетей. В работе «Замкнутая схема электропередачи Куйбышев — Москва» («Электричество», 1938, № 4) С.А. Лебедев обосновал целесообразность предложенной им схемы электропередачи в противовес обсуждавшейся в печати блочной схеме. С.А. Лебедев возглавил изучение и ряда других важных тем, связанных с электропередачей Куйбышев—Москва. Результаты своих исследований он изложил в работах, опубликованных в «Бюллетенях ВЭИ» (1940, № 1, и 1940, № 7) [30].

Добиваясь повышения устойчивости параллельной работы нескольких объектов, подверженных подчас непредсказуемым внешним воздействиям, С.А. Лебедев вынужден был строить сложные системы регулирования. С.А. Лебедев понимал, что решение таких математических задач с требуемой точностью на существующих в то время вычислительных машинах, работающих на аналоговых принципах, невозможно. Поэтому еще до войны С.А. Лебедев начинает поиски новых принципов организации вычислительных процессов. Жена С.А. Лебедева вспоминала, как в первые месяцы войны, когда по вечерам Москва погружалась в темноту, муж в ванной при свете газовой горелки писал непонятные ей единицы и нолики — основу двоичной системы счисления.

Воспоминания профессора А. В. Нетушила свидетельствуют о том, что в то время «никто и не подозревал, что Лебедев начинает вынашивать идеи создания цифровых электронных вычислительных машин, сделавших его имя бессмертным» [31].

В канун войны отдел С. А. Лебедева почти полностью переключился на оборонную тематику. До начала войны и последующей эвакуации ВЭИ на Урал отдел автоматики под руководством Сергея Алексеевича выполнил ряд важнейших исследований и разработок по автоматизации технологических процессов в различных областях оборонной промышленности и вооружения.

После нападения гитлеровской Германии на СССР С. А. Лебедев и сотрудники его отдела сосредоточили все свои силы на решении задач, связанных с обороной страны. Напряженная работа в лабораториях, ночные дежурства на крыше Института, домой почти не заглядывал. Осенью С.А. Лебедев записался добровольцем в ополчение, однако, вследствие чрезвычайной важности выполняемых им работ, на фронт его не отпустили.

Уже в первые месяцы войны в Совет Министров СССР было направлено техническое обоснование возможности создания управляемого оружия. Правительство поручило руководству ВЭИ срочно развернуть работы в этой области. Сергей Алексеевич отдал себя целиком новому делу. Электротехник по образованию и опыту работы, он быстро овладел необходимым объемом знаний в области аэродинамики, осуществлял подготовку экспериментов по продувке ряда моделей управляемого оружия в ЦАГИ и обработку полученных результатов. Вместе со Свечарником Сергей Алексеевич проектировал боевые средства, самонаводящиеся на излучающую или отражающую излучение цель. В то время как коллега занимался разработкой экстрафокальной головки самонаведения, Сергей Алексеевич создавал четырехкрылую систему с автономным управлением по независимым координатам [32].

16 октября 1941 г., когда враг был на подступах к Москве, Институт в срочном порядке эвакуируется в Свердловск. Корпуса ВЭИ минируются, создается специальная группа подрывников, в которую включают и Свечарника. В эвакуации семья с тремя маленькими детьми долгое время бедствовала. Чемоданы с продуктами и детской одеждой, которые было поручено стеречь Сергею Алексеевичу, украли. Прибывших из Москвы вживцев разместили в вестибюле Института, по которому гулял ветер. Однако за несколько дней до ноябрьских праздников их оттуда выставили — они, видите ли, портили антураж. Семью Лебедевых на какое-то время поселили в предбаннике: с улицы шел страшный холод, из бани — пар. Двухлетние крохи тут же

заболели воспалением легких и были при смерти. Алиса Григорьевна какими-то нечеловеческими усилиями сумела достать только что появившийся пенициллин. Семью перевели в новое помещение — комнату, остекленный фонарь, в деревянном доме, без всяких удобств, холодную и сырую. Алиса Григорьевна ночью всеми правдами и неправдами добывала дрова. Девочки начали постепенно поправляться. В столовой, куда прикрепили Сергея Алексеевича, она подружилась с подавальщицами. Нашив им из своих платьев блузку и юбку, брала лишнюю порцию супа для детей.

Сергей Алексеевич, занятый допоздна в Институте, носил за 12 км рюкзак с подмороженной картошкой, возил на санках изредка выдававшийся торф; приносил из колодца, расположенного почти в километре от дома, воду. Как-то сотрудникам ВЭИ выделили по 100 кг капусты, которая находилась на базе за много километров от города. Сергей Алексеевич несколько выходных по страшному холоду возил ее на санках домой и был крайне возмущен, узнав, что начальство и многие сотрудники воспользовались для этого служебной машиной. Разгневан только тем, что бензина не хватало для дела, а тут его расходовали «черт те на что».

Несмотря на столь сложные бытовые условия жизни в Свердловске, Сергей Алексеевич продолжал интенсивно и плодотворно трудиться на оборону страны. Параллельно с работой над созданием управляемых самонаводящихся торпед, он в удивительно короткий срок сконструировал систему стабилизации танкового орудия при прицеливании. Она была незамедлительно принята на вооружение и спасла жизни множества танкистов, позволяя наводить и стрелять из орудий без остановки машины. Естественно, это делало ее менее уязвимой.

Огромное значение для спасения жизней летчиков морской авиации имели работы по созданию самонаводящихся управляемых ракет. Их испытания проводились уже зимой 1943 г. под Красноуфимском на Урале, в конце 1943 г., после возвращения профессуры ВЭИ в Москву — в Жуковском под Москвой, а с освобождением Крыма — в Севастополе и Евпатории. Руководитель команды испытателей П. В. Чебышев отмечал, что точность попадания этих первых снарядов была достаточно высокой [33]. Сергей Алексеевич летал на испытания в мундире морского офицера, приводя детей в восторг своим новым обликом.

Для руководства этими работами еще в январе 1944 г. на базе отдела автоматики ВЭИ было создано Центральное конструкторское бюро электропривода и автоматики Наркомата электропромышленности СССР. Его научным руководителем был назначен С.А. Лебедев.

Научные исследования Сергей Алексеевич, как и прежде, совмещал с преподавательской работой. В 1943 г. он стал заведующим кафедрой релейной защиты и автоматизации электрических систем МЭИ, создал в нем ряд новых лабораторий, вплоть до переезда в Киев читал курс по автоматизации электрических систем.

За вклад в повышение обороноспособности страны и в частности за создание управляемых торпед С.А. Лебедев был награжден орденом Трудового Красного Знамени и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Еще в 30-е годы С. А. Лебедев познакомился и сблизился с талантливым исследователем-электротехником Л.В. Цукерником, ставшим впоследствии директором Института энергетики Академии наук УССР. Бывая в Севастополе на полигоне в связи с испытаниями управляемого снаряда, Сергей Алексеевич несколько раз вылетал отсюда в Киев на переговоры со Львом Вениаминовичем относительно открытия лаборатории для решения баллистических задач с применением вычислительных машин.

В начале 1945 г. Президент АН УССР Александр Александрович Богомолец, стремясь расширить работу республиканской Академии наук, добился права пригласить на 15 вакантных мест в члены АН УССР ученых из любых городов страны с условием их переезда в Киев. Именно Л.В. Цукерник рассказал А.А. Богомольцу

о талантливом московском ученом и познакомил его с С.А. Лебедевым. Александр Александрович предложил московскому профессору баллотироваться в академики АН Украины и стать директором киевского Института энергетики.

Предстоял трудный выбор. Сложно было решиться оставить ВЭИ, в котором проработал почти 20 лет, созданный им отдел, расстаться с товарищами по работе, с друзьями. Решающим моментом стали намерения ученого работать над электронной вычислительной машиной, которую в тесных рамках ВЭИ создавать было невозможно.

Сергей Алексеевич понимал, что электронная вычислительная техника явится одним из самых мощных средств научно-технического прогресса, окажет огромное воздействие на развитие науки, экономики и обороны страны. Впоследствии в одной из своих статей он напишет: «Внедрение таких машин (т. е. ЭВМ — авт.), реорганизацию умственного труда человека по их результатам можно сравнить только с таким этапом истории человечества, как введение машинного труда взамен ручного».

С. А. Лебедев также отдавал себе отчет, насколько губительными могут быть по следствия отставания в этой области от наиболее развитых капиталистических стран. В США работа над созданием первой электронной вычислительной машины началась в 1943 г. в Артиллерийском ведомстве. ЭНИАК (конструкторы Джон Мочли и Джон Эккерт) была создана в начале 1946 г. и представляла собой огромное сооружение из 40 панелей и 18 тыс. ламп. Ее структура мало соответствовала специфике применения электронных ламп (использовались структурные принципы релейных машин, но вместо электромагнитных реле были установлены электронные лампы). ЭНИАК, основанная на десятичной системе счисления, содержала несколько типов арифметического устройства (АУ) для различных операций и выполняла программу, которая набиралась и хранилась на штекерных полях.

Задача выбора структуры машины, оптимальным образом соответствующей возможностям применения электроники, была решена в Принстонском институте США в 1946 г. Джоном Нейманом и его коллегами. Но лишь позже ее принципы были воплощены в действующих машинах. В 1949 г. в Англии и в 1950 г. в США начали работать первые электронные машины с хранимой программой — соответственно ЭДСАК и ЭДВАК. Сведения об американских и английских ЭВМ впервые появились в печати лишь в 1949 г. Они носили рекламный характер, и из них невозможно было уяснить принципы построения этих машин.

12 февраля 1945 г. общее собрание АН УССР избрало Сергея Алексеевича Лебедева действительным членом АН УССР. В мае 1946 г. Президиум Академии возложил на него обязанности директора Института энергетики АН УССР. Летом 1946 г. вся семья Лебедевых переехала в Киев.

После двух тесных комнат в коммуналке киевская 5-комнатная квартира с кабинетом Сергея Алексеевича, 30-метровой гостиной с камином казалась сказочной. Да и сама жизнь в Киеве после сурового Свердловска и полуголодной Москвы воспринималась просто как райская. Хотя все деньги за академическое звание за год вперед были потрачены Алисой Григорьевной на покупку мебели для новой квартиры и рояля, жили хорошо, а главное весело.

Академический дом на Костельной, 15 (вскоре переименованной в ул. Челюскинцев) еще достраивался военнопленными венграми. Перед фасадом, огороженным забором, стоял бывший католический костел, превращенный в планетарий. Торец дома был обращен к улице Жертв революции. Алиса Григорьевна спрашивала: «Она, что, в честь царской семьи названа?». Впоследствии ее так переименовали в улицу Героев революции. За ней раскинулась Владимирская горка — огромный парк с памятником князю Владимиру и замечательным видом на Днепр. Город же являл печальное зрелище — он был почти полностью разрушен. На Крещатике сохранились лишь два дома — гастроном и универмаг, от остальных зданий остались

лишь руины. Потребовался почти год, чтобы их разобрать и разбить там скверы. Полностью главную улицу Киева отстроили уже после того, как Сергей Алексеевич с семьей вернулся в Москву.

Соседями Лебедевых по лестничной клетке оказались всемирно известный ученый-математик, вице-президент АН УССР академик М.А. Лаврентьев, его жена Вера Евгеньевна, их дети Миша и Вера. Михаил Алексеевич вскоре стал не только близким другом С.А. Лебедева, но и его сподвижником в делах. Эти теплые взаимоотношения положительно сказались и на развитии новых работ в АН УССР. Вера Евгеньевна и Алиса Григорьевна стали близкими подругами. Дочь Верочка, хотя и была на два года старше лебедевских близнецов, бегала с ними на Владимирскую горку, играла в куклы и другие игры. Приехавшая в Киев и остававшаяся несколько лет в семье Лебедевых племянница Алисы Григорьевны Нина проводила время с Мишей и его друзьями.

Теплые отношения связывали чету Лебедевых с жившими в том же доме Цукерниками, с А. Н. Миляхом и его супругой Е. В. Хрущевой, с семьей академика АН УССР И. Н. Францевича. Бывали у Лебедевых и получившие в соседнем подъезде квартиру академик АН УССР А.Ю. Ишлинский и его жена, профессор консерватории. Сложилось трио — Алиса Григорьевна играла на виолончели, Наталия Владимировна на рояле, Александр Юльевич — на скрипке. Сам Сергей Алексеевич отдыхал, исполняя по нотам сонаты Бетховена и произведения других композиторов.

19 июля 1946 г. ушел из жизни выдающийся организатор науки А. А. Богомолец, поддерживавший Сергея Алексеевича во всех его начинаниях. Заменявший его на посту Президента АН УССР биолог академик А.В. Палладин, интересы которого были далеки от электронной вычислительной техники, не мог в должной мере оценить работы, проводимые Сергеем Алексеевичем — положение существенно поправлял М.А. Лаврентьев и новые киевские коллеги.

Вечерами после окончания спектаклей у Лебедевых собирались актеры, музыканты, самые остроумные и интересные люди в городе. Своими людьми в доме были Юрий Тимошенко и Ефим Березин (Тарапунька и Штепсель), их жены актриса Ольга Кусенко и Розита Березина, Борис Сичкин (Буба Касторский), знаток испанского языка Леля Олевский, Алик и Ната Лазурские, сын А.А. Богомольца Олег и его жена Зоя, Ирина Коломийченко и др.

Самые веселые вечера устраивались, когда в доме бывал гастролировавший в Киеве Святослав Рихтер. То имитировали Кавказ, то превращали гостиную в подобие ресторана, то придумывали что-либо еще. Сергей Алексеевич садился со своими бумагами за стол, полный гостей, отодвигал от себя подальше масло, работал и в то же время веселился со всеми.

Первые полтора года в Киеве Сергей Алексеевич завершал работы по искусственной устойчивости электрических сетей, созданию управляемой торпеды. Много сил и труда вложил он и в организацию энергетических и электротехнических научных исследований на Украине, в создание высококвалифицированного коллектива ученых, в расширение сети лабораторий Института энергетике. После его разделения в 1947 г. на два самостоятельных института он возглавил Институт электротехники и оставался его директором вплоть до конца 1951 г. С июня 1947 г. С.А. Лебедев являлся членом Президиума АН УССР [34].

Совместно с Львом Вениаминовичем Цукерником им были проведены исследования в целях разработки и внедрения устройства компаундирования (от англ. compound — составной, сложный) генераторов электростанций для повышения устойчивости энергосистем и улучшения работы электроустановок. Ими были созданы электромагнитно-полупроводниковые устройства компаундирования синхронных машин. Эти устройства получили широкое использование в промышленности.

За эти работы С.А. Лебедев и Л.В. Цукерник были удостоены в 1950 г. Государственной премии СССР.

В 1948 г. Сергей Алексеевич подготовил доклад для XII Парижской международной конференции по большим электроэнергетическим системам «Искусственная устойчивость синхронных машин» — своеобразный итог работы по устойчивости электросетей большой протяженности. Доклад был зачитан, так как сам автор на конференцию в Париж не поехал. Он был поглощен разработкой принципов действия электронной счетной машины.

После переезда в Киев Сергей Алексеевич все больше внимания уделял разработке функциональной схемы ЭВМ, которая была создана им уже в 1948 г. и предусматривала основные устройства: арифметическое, запоминающее, управляющее, ввода-вывода и внешние устройства для подготовки и расшифровки информации с перфолент и перфокарт. Структурные схемы этих основных узлов машины Сергей Алексеевич также разработал сам.

В отличие от первых зарубежных машин эта ЭВМ использовала не двоично-десятичные принципы счета, а чисто двоичную систему счисления (что впоследствии себя оправдало), не отдельную выделенную память программ на штекерах, а общую оперативную память для данных и программ, что давало возможность модифицировать программу в процессе счета. Эти принципы впоследствии широко использовались в структурах ЭВМ. Впервые была использована иерархическая организация памяти.

К осени 1948 г. Сергей Алексеевич закончил разработку основных принципов построения электронных вычислительных машин, после чего сотрудникам и инженерам его лаборатории были даны общие направления для разработки отдельных ее элементов. В январе 1949 г. он организовал в Институте электротехники АН УССР научный семинар. К участию в его работе С.А. Лебедев привлек, кроме своих непосредственных помощников (Л.Н. Дашевского, В.В. Крайницкого, З.Л. Рабиновича, И.П. Окуловой, Е.А. Шкабары и др.) многих видных ученых из институтов математики и физики АН УССР. Семинар, в частности, посещали академик М. А. Лаврентьев, академики АН УССР Б. В. Гнеденко и А. Ю. Ишлинский [35], член-корр. АН УССР А. А. Харкевич [36] и др. На нем обсуждались конкретные вопросы разработки машины, ее основные математические характеристики, кооперация с другими учреждениями и организациями страны.

Сергей Алексеевич рассказывал своим коллегам о разработанных им принципах построения электронной вычислительной машины и ее структуре. Математики информировали собравшихся о характере задач, которые должны были решаться на ЭВМ.

Участники семинара обсудили идеи С.А. Лебедева по построению цифровых вычислительных машин. Главными среди них были следующие.

1. Представление всей информации в двоичном виде и обработка ее в двоичной системе счисления. Вопрос о двоичной системе не вызвал споров. Все понимали, что для электронных вычислительных машин, где разряд числа отвечал одному из двух устойчивых состояний триггера, двоичная система являлась оптимальной.

2. Программный принцип управления и размещение программ в памяти машины; иерархическая организация памяти с применением разнофункциональных ее ступеней.

3. Операционно-адресный принцип построения команд в программах и возможность текущего изменения команд (для выполнения циклических действий) путем выполнения операций над ними, так же, как и над числами.

4. Иерархическая система машинных действий (предусматриваемых внутренним языком), состоящая из базисных операций, управляемых аппаратным способом, и составных процедур, реализуемых с использованием стандартных программ.

5. Построение базисных операций на основе элементарных операций, выполняемых одновременно над всеми разрядами слов.

6. Применение и центрального, и местного управления вычислительным процессом [37].

В ходе обсуждения на семинаре и при последующих разработках эти идеи развивались и воплощались в конкретные технические решения. Большинство из них были реализованы уже в БЭСМ. Но и в своем первоначальном виде они заключали в себе принципы, аналогичные тем, которые были разработаны в Принстонском университете и затем стали известны как принципы Дж. Неймана. Следует подчеркнуть, что Сергей Алексеевич пришел к этому совершенно самостоятельно, поскольку научный отчет 1946 г. с изложением принципов Дж. Неймана носил секретный характер, а первые машины, в которых они воплотились, были созданы в 1949-1950 гг. Более того, в некоторых аспектах идеи С. А. Лебедева шли дальше определенных Дж. Нейманом принципов. В них видны зачатки децентрализации управления и асинхронной организации вычислительного процесса, реализация встроенных процедур, в том числе и операций над массивами и другие структурные решения.

Предложенные Лебедевым схема машины и принципы ее функционирования получили одобрение участников семинара. Достаточно острые дебаты вызвали лишь следующие вопросы.

1. Форма представления чисел в машине (с плавающей или фиксированной запятой). Этот вопрос вызвал длительные и острые споры, ибо от него зависело, что предпочесть: упрощать программу или же достигать наибольшей простоты схем машины и таким образом сокращать количество радиоламп, надежность которых в то время была невелика.

2. Количество двоичных разрядов в машинном слове (числе, команде). Те, кто стремился решать задачи, требовавшие повышенной точности вычислений, предлагали увеличить количество разрядов. Другие полагали, что для первой машины следует ограничиться 12 двоичными разрядами [38].

В результате было решено проектировать сначала макет ЭВМ, которая будет оперировать с числами с запятой перед старшим разрядом (фиксированная запятая). Это сокращало объем соответствующей аппаратуры на 20—30 % по сравнению с аппаратурой, используемой для выполнения операций над числами с плавающей запятой. Договорились установить длину слова 17 двоичных разрядов, включая разряд для знака числа, а если понадобится, то добавить несколько разрядов уже после того, как машина начнет работать. Для этого в конструкции машины следовало предусмотреть такую возможность. В 1950 г. выяснилось, что количество разрядов недостаточно, и оно было увеличено до 21, благодаря чему точность вычислений повысилась. Участники семинара согласились с целесообразностью использовать естественную и наиболее доступную для освоения трехадресную систему команд и набор операций, включающий 13 команд [39]. БЭСМ построена с использованием арифметики с плавающей запятой. Имеет 39-разрядное слово и 32 команды.

С. А. Лебедев разработал для своей машины систему ламповых импульсно-потенциальных элементов.

В конце 1947 г. в соответствии с постановлением Президиума АН УССР в Институте электротехники АН УССР была создана лаборатория № 1 — спецмоделирования и вычислительной техники во главе с С. А. Лебедевым. Именно в ней и стала разрабатываться и создаваться малая электронная счетная машина. Первоначально штат лаборатории состоял из 9-10 человек. Двое из них были кандидатами наук (Л.Н. Дашевский и Е.А. Шкабара), остальные являлись инженерами-радиоэлектрониками, закончившими Киевский политехнический институт перед самым началом войны [40].

Осенью 1948 г., когда Сергей Алексеевич закончил разработку основных принципов построения и структуру МЭСМ, он пригласил в Киев А.А. Дородницына и К.А. Семендяева для окончательного определения набора команд, включающих арифметические и логические операции.

К концу 1948 г. было получено необходимое финансирование и оборудование, лаборатория обеспечена необходимыми кадрами (ее штат увеличился до 18-20 инженеров и 8—10 радиомонтажников и слесарей). В 15 км от Киева в Феофании было отстроено разрушенное войной здание бывшей монастырской гостиницы, выделен прилегающий к ней участок леса и сада. Здесь и были развернуты работы по созданию МЭСМ (в настоящее время его адрес: ул. Академика Лебедева, д. 19).

Селение Феофания было связано с когда-то знаменитым Златоверхим монастырем. Свое название оно получило по имени первого киевского викария Феофана Шияна, у которого там была дача. После разрушений 20-30-х годов и фашистской оккупации от монастыря остались лишь Всехсвятская церковь без куполов, в которой размещался овощной склад, и здание для пребывания паломников и богомольцев. В 30-е годы православная гостиница была превращена в филиал Киевской психиатрической больницы. Гитлеровцы, вступив в Феофанию, расстреляли больных и использовали клинику как свой военный госпиталь. Во время обстрелов при освобождении Киева здание получило большие повреждения. Но и эти руины С.А. Лебедеву удалось получить не сразу.

Помог М.А. Лаврентьев, который, понимая огромное значение задуманных Сергеем Алексеевичем работ, взвалил на свои плечи обеспечение необходимых для них условий. Его пробивная сила, неукротимая энергия, решимость сломать все препоны на пути столь важного дела в значительной мере приблизили начало практической работы по созданию первой отечественной ЭВМ, дали возможность Сергею Алексеевичу сконцентрироваться на решении научных и технических проблем [41].

В статье, посвященной 70-летию Михаила Алексеевича, С.А. Лебедев напишет: «В первые послевоенные годы я работал в Киеве. Меня только-только выбрали академиком Академии наук УССР, и под городом, в Феофании, создавалась лаборатория, где суждено было родиться первой советской электронно-вычислительной машине. Времена были трудные, страна восстанавливала разрушенное войной хозяйство, каждая мелочь была проблемой. И неизвестно, появился бы первенец советской вычислительной техники в Феофании, не будь у нас доброго покровителя — Михаила Алексеевича Лаврентьева, который был тогда вице-президентом Академии наук УССР. Я до сих пор не устаю удивляться и восхищаться той неукротимой энергией, с которой Лаврентьев отстаивал и пробивал свои идеи» [42].

Лаборатория самого Михаила Алексеевича находилась через дорогу от бывшей гостиницы. Она занимала территорию старого монастырского фруктового сада и значительную часть феофанского леса. В части леса, огороженной глухим забором, производились мощные взрывы в связи с исследованиями по гидродинамике. Пока здание, отведенное под лабораторию Сергея Алексеевича, отстраивалось, Лебедевы летом жили в двух комнатном домике на территории лаборатории М. А. Лаврентьева.

В конце лета 1947 г. произошли два несчастья. Внезапно тяжело заболела дочь Наташа, за жизнь которой не ручался ни один врач. Сергей Алексеевич, отправившийся в поход в горы и благополучно спустившийся в Сочи, фотографируя, оступился и упал на железный прут арматуры. Врачи подозревали, что у него пробито легкое. От Алисы Григорьевны, занятой спасением дочери, это скрывали.

Тем не менее все обошлось. Наташе в самолете на пути в Москву стало немного легче. Мать на свой страх и риск увезла дочь из больницы Л. Штерн, где ей собирались делать операцию с трепанацией черепа, поселилась с ней у близких друзей — Займовских. Девочка начала постепенно поправляться. К счастью, легкое

Сергея Алексеевича оказалось не задетым, и он вскоре приступил к работе с прежней одержимостью.

Напряженнейшая работа в течение почти трех лет без отпусков, почти без выходных, до глубокой ночи, а иной раз и по трое суток без сна. Бывало, молодые сотрудники, а их в лаборатории было большинство, падали в обморок от усталости. Но Сергей Алексеевич выдерживал любые нагрузки. Вдохновенная работа руководителя лаборатории, прекрасное знание им предмета увлекали молодежь, заражали их радостью творчества. Коллектив лаборатории отличался не только невероятной трудоспособностью, но и спаянностью. В нем царила творческая атмосфера, подлинная дружба связывала большинство сотрудников с шефом.

К началу 1949 г. здание лаборатории было приведено в рабочее состояние, хотя ни о каком водопроводе, канализации, паровом отоплении говорить не приходилось. Комнаты отапливались печами.

Началась установка блоков на панелях основных узлов и монтаж межблочных соединений. В проектировании, монтаже и отладке МЭСМ вместе с Сергеем Алексеевичем принимали участие следующие сотрудники лаборатории: кандидаты наук Л.Н. Дашевский и Е.А. Шкабара, инженеры С. Б. Погребинский, А. Л. Гладыш, В.В. Крайницкий, И.П. Окулова, З.С. Зорина-Рапота, И.М. Лисовский, З.Л. Рабинович, Р. Я. Черняк, техники-монтажники С. Б. Розенцвайг, А. Г. Семеновский, а также сотрудники лаборатории: Л.А. Абалышникова, М.А. Беляев, Е.Б. Ботвиновская, А.А. Дашевская, Е. Е. Дедешко, В.А. Заика, А.И. Кондалев, Ю.С. Мозыра, Н.А. Михайленко, И.Т. Пархоменко, Т. И. Пецух, М. М. Пиневич, Н.П. Похило [43].

В Институте физики АН УССР под руководством начальника отдела член-корреспондента АН УССР А. А. Харкевича сотрудники Е.М. Власова, М. Д. Шулейко, Р. Г. Офенгенген и др. разрабатывали запоминающее устройство на магнитном барабане. Александр Александрович и его жена Евгения Михайловна Власова вскоре станут близкими друзьями всей семьи Лебедевых.

Следует отметить, что С. А. Лебедев был жестко ограничен в выборе технических средств отечественной элементной базой того времени. Этим объясняется и проектирование оперативной памяти на электронных лампах (из 6000 ламп, содержащихся в МЭСМ, 4000 приходилось на запоминающее устройство), и отказ от параллельной выборки кодов из памяти, и небольшое быстродействие машины (50 оп./с) [44].

Учитывая отсутствие в СССР опыта постройки и эксплуатации ЭВМ, Сергей Алексеевич принял решение первоначально создать действующий макет машины с последующим его переводом в малую электронную счетную машину. Разработка запоминающего устройства и других основных элементов машины, а также общая компоновка машины и отработка принципиальных схем ее блоков были проведены в 1949 г. В первой половине 1950 г. были изготовлены все блоки и началась их отладка во взаимосвязи.

Шестого ноября, накануне 33-й годовщины Октябрьской революции, состоялся первый пробный пуск макета машины, и с этого момента осуществлялась его проверка путем решения тестовых и ряда важных народно-хозяйственных задач. 4 января 1951 г. макет машины демонстрировался приемной комиссии. В ее состав входили академики АН УССР Н.Н. Доброхотов, А.Ю. Ишлинский, Ф. Д. Овчаренко, И.Т. Швец, С. А. Лебедев, профессор С.Г. Крейн. В их присутствии решались задачи по вычислению факториала числа, возведение в степень и др. Комиссия составила акт об окончании разработки, изготовления и наладки макета МЭСМ [45].

15 января, вскоре после приема комиссией макета, Сергей Алексеевич обратился в Президиум АН УССР с письмом о необходимости ускорить работы в области вычислительной техники. Обосновывая свое предложение, он писал: «Институт электротехники Академии наук Украины в 1950 г. разработал макет быстродействующей электронной счетной машины. Быстродействующие электронные счетные машины

позволяют с колоссальной скоростью и большой точностью решать самые разнообразные задачи, например в области внутриатомных процессов, реактивной техники, радиолокации, авиастроения, строительной механики и других отраслях. Быстрота и точность вычислений позволяют ставить вопрос о создании устройств управления ракетными снарядами для точного поражения цели путем непрерывного решения задачи встречи в процессе полета управляемого реактивного снаряда и внесения корректив в траекторию его полета» [46]. Тем не менее, Президиум АН УССР не сумел оказать действенной помощи в целях создания новой более мощной машины. Единственное, на что республиканская Академия соглашалась выделить средства — это завершение работ по МЭСМ.

За неделю до направления этого письма в Президиум АН УССР Сергей Алексеевич выступил с докладом на закрытом заседании объединенного Ученого совета институтов электротехники и теплотехники. На него были приглашены также председатель Отделения технических наук академик АН УССР Н. Н. Доброхотов, директор Института математики А. Ю. Ишлинский и др.

С. А. Лебедев рассказал об основных принципах работы машины и тех затруднениях, которые еще имелись к этому времени. Отвечая на вопрос А. Ю. Ишлинского, как удалось использовать заграничные технические материалы, он сказал: «Я имею данные по 18 машинам, разработанным американцами, эти данные носят характер рекламы, без каких-либо сведений о том, как машины устроены. В вопросе постройки счетных машин мы должны догнать границу и должны сделать это быстро. По данным заграничной литературы проектирование и постройка машины ведется 5-10 лет, мы хотим осуществить постройку машины за 2 года... Использовать заграничный опыт трудно, так как опубликованные сведения весьма скудны» [47].

Доброхотов и Ишлинский оценили создание макета ЭВМ как одно из крупнейших достижений Отделения технических наук, открывающее широкие перспективы для развития науки в целом. Председательствующий на заседании академик АН УССР И. Т. Швец не мог не согласиться с ними в том, что работа по ЭВМ относится к числу важнейших в Академии наук Украины. В то же время он заявил, что С. А. Лебедев не борется за приоритет АН УССР в этой области. Отдавая дань ведшейся в то время в СССР разнузданной кампании против кибернетики, Швец заявил, что не следует использовать в применении к машине термин «логические операции», она де не может производить логических операций и следует заменить этот термин другим [48].

В первой половине 1951 г. макет МЭСМ был доработан до полноценной малой электронной машины. Первая серьезная проверка ее возможностей состоялась 10—11 мая 1951 г., когда МЭСМ демонстрировали прибывшим в Киев правительственной комиссии и комиссии экспертов. В них входили академики М.В. Келдыш и Н.Н. Боголюбов, а также специалисты по вычислительной технике Ю.Я. Базилевский, К. А. Семендяев, А.Н. Тихонов и др.

1 июля 1951 г. было принято правительственное постановление № 2759-1321, обязывающее ввести в эксплуатацию малую электронную машину в IV квартале 1951 г.

В процессе опытной эксплуатации МЭСМ С.А. Лебедев вносил в нее важные усовершенствования. Аппаратура схем, реализующих алгоритм деления, была существенно упрощена, были выработаны методы контроля вычислений и предусмотрено устройство ввода информации на перфокартах. Для повышения производительности машины и обеспечения решения задач, требующих запоминания значительного количества данных (решение систем алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных с сотнями неизвестных) было предусмотрено ЗУ на магнитном барабане емкостью в 5 тыс. слов, а также устройство хранения подпрограмм на магнитной ленте (трехдорожечный магнитофон) [49].

В конце декабря 1951 г. в Феофании три дня работала прибывшая из Москвы государственная комиссия по приему и введению в эксплуатацию Малой электронной вычислительной машины. Возглавил ее академик М. В. Келдыш, в качестве членов в нее вошли такие выдающиеся ученые, как академики С.Л. Соболев и М.А. Лаврентьев, профессора К. А. Семендяев и А. Г. Курош. 25 декабря машина была принята в эксплуатацию [50]. С этого времени эта первая отечественная ЭВМ активно использовалась для решения сложных и важных научно-технических и народно-хозяйственных задач.

4 января 1952 г. — Президиум Академии наук СССР заслушал доклад Сергея Алексеевича о вводе МЭСМ в эксплуатацию. В решении констатировалось, что в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 1 июля 1951 г. за № 2754-1321с ИТМ и ВТ АН СССР совместно с Институтом электротехники АН УССР в IV квартале 1951 г. ввел в эксплуатацию Малую счетную электронную машину, «являющуюся первой в СССР быстродействующей электронной цифровой машиной, доведенной до состояния эксплуатации». Президиум решил доложить в Совет Министров СССР о вводе в эксплуатацию первой в СССР быстродействующей счетной электронной машины [51]. Он объявил благодарность С. А. Лебедеву, Е. А. Шкабаре, А.Л. Гладыш, В.В. Крайницкому и С.Б. Погребинскому.

Президиум АН УССР, наряду с указанными выше лицами, вынес благодарность за активное участие в разработке и создании первой отечественной ЭВМ также И.П. Окуловой, З.С. Рапота, С.Б. Розенцвайгу, А. Г. Семеновскому и сотрудникам Института физики Р. Г. Офенгенгену и М.Д. Шулейко, разработавшим магнитный барабан [52].

Значение МЭСМ для развития отечественной вычислительной техники, прежде всего, определяется тем, что она была первой в нашей стране ЭВМ, заложившей основы для дальнейшего развития электронной вычислительной техники на годы вперед.

Создание первой отечественной ЭВМ без преувеличения можно назвать подвигом С. А. Лебедева и возглавляемого им коллектива. Ведь МЭСМ была спроектирована, смонтирована, и отлажена за три года ее генеральным конструктором с помощью 11 инженеров и 15 техников и монтажников. На создание же первой американской ЭВМ ЭНИАК ушло 5 лет. В ее создании помимо 13 основных исполнителей, участвовали 200 техников и большое количество рабочих. В то же время МЭСМ по многим архитектурным и схмотехническим решениям опережала эту первую ЭВМ.

Летние месяцы 1949—1951 гг. семья Сергея Алексеевича проводила в Феофании, занимая две комнаты на втором этаже здания лаборатории. Там же постоянно жили Черняки и некоторые другие сотрудники и техники. Несколько комнат были отведены для тех, кто по каким-то причинам должны были оставаться на ночь. Остальные добирались в Феофанию на стареньком служебном автобусе по грунтовой дороге, которая весной и осенью превращалась в малопригодную для передвижения полосу препятствий.

Летом же территория лаборатории с небольшой частью бывшего монастырского сада и несколькими гектарами леса была прекрасна. Когда поспевали яблоки, груши, грецкие орехи, их делили на всех жильцов, лабораторию и мастерские. В саду общими усилиями разбили цветник, в лесу построили волейбольную площадку, на которой играли в обеденный перерыв. Тренером был В.В. Крайницкий, когда-то выступавший за сборную Украины по волейболу. Сергей Алексеевич играл с азартом, хотя ввиду небольшого роста и не особенно результативно. Наташа со свистком, гордо сидя на судейской вышке, пыталась исполнять роль арбитра. В «красном уголке» стоял стол для пинг-понга, имелись шахматы, шашки.

В хорошую погоду Сергей Алексеевич, когда ему надо было что-то продумать или начертить очередную схему, ложился на поляне в лесу, загорал и работал. Иногда

прибывавшие из Киева высокие правительственные и академические чины заставляли его там в одних трусах с носовым платком на голове и с трудом верили, что перед ними академик.

В лесу было много крупной земляники, в некоторых местах около нее прятались ужи и даже гадюки. Сразу за проволочной оградой лаборатории имелось место в несколько сот квадратных метров, где Сергей Алексеевич и дети собирали по сто с лишним белых. Алиса Григорьевна, не отличавшаяся сноровкой в этом деле, как-то пошла с ними, и, безрезультатно побродив по лесу, села отдохнуть. Когда она встала, дети стали смеяться — мама сидела на трех белых грибах.

Лесом можно было пройти и к феофанским прудам. Один из них, заросший и мелкий, был все же пригоден для купания. Сергей Алексеевич вскоре научил в нем детей неплохо плавать.

В 1950 г. в семье Лебедевых появился еще один сын — 15-летний Яша Грунфельд, друг Сережи. Его отец погиб на фронте, мать умерла от рака. Незадолго до своей смерти она направила сына, окончившего семилетку, в Судостроительный техникум. Бабушка — инвалид первой группы — оказалась с двумя мальчиками на руках. Богатые родственники и не подумали помочь своим племянникам. Когда же Алиса Григорьевна с полного одобрения мужа взяла Яшу в свою семью и оформила усыновление, они прислали ей несколько корзин цветов. «Лучше бы помогли бабушке и Роме», — с раздражением заметила А.Г. Лебедева, взявшая и эту миссию на себя. Яша вновь стал ходить в школу. В Москве школьных друзей мальчиков приглашали на дни рождения: 4 января — к Сереже, 22 апреля — к Яше. Год рождения и того, и другого — 1935. Не зная, что Яша был усыновлен, кто-то из ребят спросил Сергея: «А ты, что, недоношенным родился?». Вскоре Сергей поступил на мехмат МГУ, Яша — в Московский физико-технический институт, где никто не знал, что они сыновья академика С.А. Лебедева. Яша Лебедев, будучи все годы учебы в МФТИ круглым отличником, отсылал большую часть своей повышенной стипендии бабушке и брату в Киев. Впоследствии защитил докторскую диссертацию, стал профессором, заведовал огромным отделом в 500 сотрудников в Институте химической физики РАН и кафедрой в МФТИ, получил мировую известность. У Яши сложилась прекрасная семья: жена Татьяна Сергеевна и три дочери — Светлана, Екатерина и Алиса. Последняя родилась через неделю после смерти Алисы Григорьевны и была названа в ее честь. Алисой назвала свою дочь и Наталия Сергеевна Лебедева. Как и его брат Роман, Яков Сергеевич умер от опухоли мозга, когда ему едва исполнилось 60 лет.

МЭСМ, будучи единственной действующей в стране ЭВМ, интенсивно использовалась для разработки широкого круга проблем, имевших первостепенное государственное значение. На ней решались сложнейшие научные, оборонные и хозяйственные задачи. Их ставили такие известные ученые, как М. В. Келдыш, Я. Б. Зельдович, М.А. Лаврентьев, А.А. Дородницын, А.А. Ляпунов, М. Р. Шура-Бура, Б.В. Гнеденко, Г. Н. Савин и др.

На МЭСМ были просчитаны многие задачи в области термоядерных процессов, космических полетов, ракетной техники, механики, произведен расчет линии электропередачи Куйбышев — Москва и т. д. Разработка и применение наиболее эффективных, характерных для электронной вычислительной техники способов исследования научных проблем (машинные методы реализации алгоритмов, цифровое моделирование и др.), выходящих за рамки традиционной высшей математики, существенно повлияли на ход научно-технической революции.

Президент Академии наук Украины Борис Евгеньевич Патон, поздравляя Сергея Алексеевича с 70-летием, писал: «Всем нам приятно приветствовать и поздравить Вас — патриарха отечественной вычислительной техники. Мы всегда гордимся тем, что свою первую машину Вы создали в Киеве. Тут, в трудных феофанских условиях,

родилась Ваша школа, глубоко уважающая и любящая Вас. Для меня Вы всегда были образцом самоотверженного ученого и прекрасного, скромного человека».

В 1952 г. Институт электротехники АН УССР представил работу по созданию МЭСМ на соискание государственной премии. Наряду с необходимыми документами, в Комитет по Сталинским премиям была направлена написанная Сергеем Алексеевичем при участии Дашевского и Шкабары монография «Малая электронная счетная машина». Однако работа премию не получила.

Для самого Сергея Алексеевича разработка МЭСМ была важным этапом на пути к созданию более мощной и совершенной машины — Большой электронной счетной машины (БЭСМ). Вскоре слово «большая» было заменено на «быстродействующая». На малой ЭВМ С.А. Лебедев отработал и проверил свои идеи организации вычислительного процесса. Еще не закончив работу над МЭСМ, он начал обдумывать и составлять схемы новой большой ЭВМ.

Создавалась она уже в Москве, где в июле 1948 г. в АН СССР был учрежден Институт точной механики и вычислительной техники, объединивший ряд разрозненных подразделений в единый коллектив. Его первым директором стал академик Н.Г. Бруевич, который тогда еще не знал о проводимых С.А. Лебедевым в Киеве работах по созданию первой отечественной ЭВМ [53]. Через год после создания ИТМ и ВТ его работу проверяла комиссия Президиума АН СССР под председательством М.В. Келдыша. Она пришла к выводу, что Институт уделял недостаточное внимание цифровой электронной вычислительной технике, быстро развивавшейся на западе.

Опираясь на заключение Комиссии, Н.Г. Бруевич провел через Бюро отделения технических наук АН СССР решение о создании в ИТМ и ВТ отдела быстродействующих ЭВМ. Группе в 6 человек была поручена разработка элементов, необходимых для построения электронной счетной машины. Узнав, что в Киеве подходят к концу работы по созданию ЭВМ, и стремясь наверстать упущенное время, Н. Г. Бруевич договорился с министром машиностроения и приборостроения СССР П. И. Паршиным о сотрудничестве в организации работ по созданию электронной счетной машины. От Министерства к работам подключился созданный весной 1949 г. мощный комплекс из трех организаций: НИИ счетного машиностроения, СКБ-245 и завод счетно-аналитических машин. Директором завода и СКБ-245 был назначен М.А. Лесечко. Хотя при создании трех организаций перед ними была поставлена задача построения релейной вычислительной машины (по образцу первых американских), Лесечко согласился с предложением Бруевича совместно спроектировать и организовать серийный выпуск вычислительных машин на электронных лампах [54].

В 1949 г., когда в Феопании уже вступили в завершающую стадию работы по созданию макета МЭСМ, М.А. Лаврентьев обратился к И.В. Сталину с письмом о необходимости ускорить исследования в области вычислительной техники и о перспективах использования ЭВМ в научных, народно-хозяйственных и оборонных целях. В результате неожиданно для самого себя М.А. Лаврентьев был вскоре назначен директором ИТМ и ВТ.

В качестве директора Института Михаил Алексеевич столкнулся с рядом весьма непростых проблем. Специалистов в области электронной вычислительной техники в нем можно было пересчитать по пальцам; немногочисленные научные отделы разбросаны по всей Москве. Министерство машиностроения и приборостроения из помощника превратилось в соперника.

В наброске воспоминаний «У колыбели первой ЭВМ» С. А. Лебедев писал: «Прежде всего, М.А. Лаврентьеву пришлось выдержать бурю протестов противников цифровых вычислительных машин, которые держались за дифференциальный анализатор и перфокартные счетно-аналитические машины. Дело в том, что старой классической школе вычислительной техники были непривычны и малопонятны идеи

электронной техники, в которой так велико быстроедействие и практически отсутствуют сложные механические устройства. Однако, несмотря на все трудности, Лаврентьеву удалось убедить руководство Академии наук и заинтересованных организаций в необходимости курса на развитие электронно-вычислительной техники» [55].

В марте 1950 г. М.А. Лаврентьев создал в ИТМ и ВТ лабораторию № 1 и пригласил Сергея Алексеевича возглавить ее работу (по совместительству). 16 марта С.А. Лебедев был назначен заведующим новой лабораторией и главным конструктором будущей большой ЭВМ.

Почти полтора года Сергей Алексеевич руководил московской лабораторией, деля свое время между Киевом и Москвой. В златоглавой жил в гостинице АН СССР «Якорь». После окончательного переезда в Москву осенью 1951 г. его многочисленной семье были предоставлены объединенные вместе две квартиры в академическом доме на Новопесчаной улице. В них сохранились две кухни, две ванные, два туалета. Алиса Григорьевна неоднократно переделывала семейные апартаменты. Вначале сломали перегородку между двумя комнатами трехкомнатной квартиры, устроив большую гостиную. В ней, как и в Киеве, собирались артисты, музыканты, художники-авангардисты и др. Одну из кухонь превратили в спальню для мальчиков. У Сергея Алексеевича был большой кабинет, в котором он по-прежнему сидел крайне редко, предпочитая работать там, где находилась вся семья, и смеялись гости. Впоследствии перегородка была восстановлена, зато снесли стены передних, ликвидировали ванную, туалет в двухкомнатной квартире и сделали там гостиную. Угловая комната с двумя окнами стала кабинетом Сергея Алексеевича. Именно под ним висит сейчас памятная доска в честь академика С.А. Лебедева. В третий раз квартиру переделывали, когда все дети переженились, мальчики уехали в кооперативы, а в бывшей двухкомнатной секции восстановили все необходимое для жизни семейства Осечинских — Кати, ее мужа Игоря и первой и горячо любимой внучки Лебедевых — Елизаветы.

В 1950 г., в первый же свой приезд в Москву в качестве заведующего лабораторией № 1, С.А. Лебедев привез с собой портфель, набитый толстыми тетрадами. В них самым скрупулезным образом были вычерчены все структурные схемы новой машины, приведены временные диаграммы работы блоков, подробно расписаны многочисленные варианты выполнения отдельных операций [56].

Незамедлительно сотрудники Института приступили к детальной разработке основных узлов машины по схемам С.А. Лебедева. Арифметическое устройство при этом было поручено конструировать П.П. Головистикову. К.С. Неслуховский должен был заняться устройством управления машины, что предполагало детальное знакомство со структурой ЭВМ в целом. Он и стал заместителем Лебедева (позднее заместителем зав. лабораторией был назначен В.В. Бардиж).

В МЭИ Сергей Алексеевич отобрал 9 старшекурсников, которые в качестве дипломных работ должны были по его идеям и разработкам представить технические проекты отдельных узлов машины. Этим студентов сразу же зачислили в штат ИТМ и ВТ, и они стали работать над конкретными инженерными задачами. В.С. Бурцев, впоследствии академик и директор ИТМ и ВТ, должен был сконструировать блок управления командами; В. А. Мельников, будущий директор Института кибернетики АН СССР и академик — блок центрального управления операциями; А. Г. Лаут — блок местного управления; С. П. Кузнецов — датчик основных сигналов машины; А. Н. Зимарев — арифметическое устройство (АУ) чисел; В.П. Смирягин — АУ порядков; В.Н. Лаут — запоминающее устройство на потенциалоскопах; И. Д. Визун — усилители считывания и записи к потенциалоскопу; А.С. Федоров — устройство внешней памяти [57].

К весне 1951 г. в лаборатории № 1 работали около 50 человек, преимущественно молодежь. Вскоре Институт получил новое здание на Калужском шоссе (ныне

Ленинский проспект, д. 51), построенное по проекту архитектора А.В. Щусева. Работа кипела днем и ночью, никто не считался с личным временем, макетируя элементы и узлы БЭСМ. Сами изготавливали шасси и стенды, сверлили и клепали, монтировали и отлаживали различные варианты триггеров, счетчиков сумматоров, проверяли их на надежность в работе. Сергей Алексеевич был в центре всех этих работ, часто с паяльником в руках перепайвал схемы, внося в них необходимые изменения, исправлял найденные им неполадки. Он безошибочно находил вышедшие из строя радиолампы, другие детали. После насыщенного, трудового дня С. А. Лебедев до 3—4 часов ночи просиживал за пультом или осциллографом, отлаживая машину.

Вместе со всеми сотрудниками Сергей Алексеевич участвовал в благоустройстве территории нового Института, высаживал деревья и декоративные кусты. Субботники проходили дружно и весело. Вишневые деревья, посаженные вдоль забора в начале 50-х, растут и сегодня, радуя весной своим буйным цветением.

Простота, внимательность, тактичность, дружелюбие в сочетании с аргументированной настойчивостью и требовательностью, проявлявшиеся Сергеем Алексеевичем в отношениях со всеми сотрудниками и техниками, вызывали ответные чувства глубокого уважения, признательности и привязанности к этому талантливому ученому и скромному человеку. Он редко повышал на кого-нибудь голос. Если же его поручение вовремя не выполнялось, забирал его и делал заданное сам. Такое «наказание» запоминалось лучше любых строжайших выговоров.

На конец 1950 г.—начало 1951 г. пришелся разгар работ по изготовлению макетов отдельных устройств БЭСМ и подготовка эскизного проекта всей машины. 21 апреля 1951 г. была назначена Государственная комиссия для приемки эскизных проектов БЭСМ (ИТМ и ВТ) и «Стрелы» (СКБ-245) под председательством академика М.В. Келдыша. И тот, и другой были успешно защищены [58].

Аванпроект «Стрелы» был подготовлен и представлен Ю.Я. Базилевским, Б.И. Рамеевым и М.А. Лесечко, ставшими на многие годы конкурентами С. А. Лебедева. У ИТМ и ВТ появился мощный соперник в лице СКБ-245, тесно связанного с НИИ СЧЕТМАШ и заводом САМ. Министерство машиностроения и приборостроения, поддерживая свое СКБ-245, всеми правдами и неправдами стремилось обеспечить себе лидерство в новой области техники. Так, для успешного окончания работ над БЭСМ, которая должна была иметь скорость в 10 тыс. операций в секунду (в 5 раз больше, чем у «Стрелы»), необходима была поставка порядка 50 потенциалоскопов для запоминающего устройства. Разработчиков «Стрелы» Министерство ими полностью обеспечило, ИТМ и ВТ в них было первоначально отказано [59]. Не смог ничего сделать даже М.А. Лаврентьев.

Лебедеву пришлось прибегнуть к запасному варианту — запоминающему устройству (ЗУ) на акустических (ртутных) трубках, что снизило производительность БЭСМ до уровня «Стрелы» и добавило немало забот. РЗУ включало 70 ртутных трубок длиной около метра каждая: 64 хранящих трубки, одна трубка использовалась для корректировки тактовой частоты устройства в зависимости от температуры, 5 трубок были запасными. Изменение тактовой частоты устройства позволяло компенсировать изменение длины трубок, происходящее при изменении температуры. Все трубки размещались в термостате, смонтированном в специальном помещении с вытяжными шкафами, где выполнялись работы с ртутью. Электронная часть каждого тракта собиралась в стандартном крупном блоке. Значительные размеры имели блоки управления, питания. Стойка РЗУ занимала целую комнату. Большой пульт РЗУ включал растровый индикатор, позволяющий просматривать содержимое каждого из 64 трактов. Отладка РЗУ осложнялась тем, что в нем аналоговые и цифровые схемы работали в одной, замкнутой в кольцо цепи. Сергей Алексеевич лично занимался отладкой РЗУ, фактически переселившись почти на два месяца в комнату, которую оно занимало [60]. Он принимал конструктивные решения, не

останавливаясь на полумерах, шел на большие дополнительные механические и монтажные работы.

Летом 1952 г. изготовление машины в основном было завершено, и началась ее наладка. В ней принимали участие все разработчики машины, а также приехавшие из Киева некоторые сотрудники феофанской лаборатории. Сергей Алексеевич не только руководил ею, но и сам искал и устранял многие неисправности. Большинство из них было связано с низким качеством радиоламп.

Первый вариант БЭСМ под названием БЭСМ Академии наук (БЭСМ АН) начал работать осенью 1952 г. Ее опытная эксплуатация производилась с начала 1953 г. Место инженеров-наладчиков заняли математики-программисты. В это время на машине уже были решены многие важные научные и народно-хозяйственные задачи.

В БЭСМ АН получили дальнейшее развитие идеи С.А. Лебедева в области построения высокопроизводительных ЭВМ. Это была уже машина, в которой операции выполнялись над всеми разрядами чисел одновременно, в отличие от существующих за рубежом ЭВМ, обрабатывающих двоичные разряды чисел последовательно — параллельным образом. Она обладала развитой системой команд, формой представления чисел с плавающей запятой, многоступенчатой организацией памяти, аппаратной поддержкой перехода к подпрограмме и выхода из нее с возвратом к основной программе, условными и безусловными переходами и другими важными особенностями, обеспечивающими возможность дальнейшего развития структуры машины в направлении параллельной обработки информации. Применение плавающей запятой обеспечило ряд преимуществ, наиболее важными из которых было упрощение программирования и увеличение диапазона представляемых чисел. Задача экономии аппаратуры, в отличие от проекта МЭСМ, представлялась менее важной по сравнению с получаемыми преимуществами. Длина машинного слова составляла 39 двоичных разрядов. В 1952 г. Сергей Алексеевич опубликовал первые в Советском Союзе монографии по МЭСМ и БЭСМ, что имело большое значение для развития отечественной вычислительной техники и программирования [61].

В апреле 1953 г. БЭСМ была принята Государственной комиссией под председательством академика М.В. Келдыша. В состав комиссии входили: академик М.А. Лаврентьев, академик В.А. Трапезников, академик С. Л. Соболев, член-корреспондент И. С. Брук и другие ведущие математики. С этого времени она эксплуатировалась круглосуточно. За короткое время на ней было решено много важных и трудоемких задач. Можно назвать следующие примеры: расчеты 50000 значений интеграла Френеля; профиля корпуса реактивного самолета; орбит движения 700 малых планет на 10 лет вперед для международного астрономического календаря; решение геодезической задачи (система из 800 алгебраических уравнений); определение профилей крутых неосыпающихся откосов каналов и др.

«Стрела» была изготовлена на год раньше и рекомендована для серийного производства. Ее создатели получили три государственных премии — первой, второй и третьей степени. Ю.Я. Базилевский был удостоен звания Героя Социалистического Труда. Но на этом успехи создателей «Стрелы» кончились. Было произведено всего семь экземпляров этой ЭВМ. Они, конечно, сыграли свою роль в осуществлении расчетов по ряду важных работ. Однако огромные размеры машины, ее низкая производительность, ненадежность почти сразу же поставили вопрос о прекращении ее выпуска [62].

В июне 1953 г. Сергей Алексеевич был назначен директором ИТМ и ВТ АН СССР, которым бессменно руководил в течение 20 лет и который теперь носит его имя. Все эти годы его неизменной и верной помощницей была секретарь-референт Валентина Семеновна Элькснин [63]. Сергей Алексеевич как-то сказал, что у него секретарь работает через день. Он имел в виду, что никто, кроме Валентины Семеновны, не

мог оказать ему полноценную помощь. В. С. Элькснин стала другом не только Сергея Алексеевича, но и всего многочисленного семейства Лебедевых.

Одним из первых шагов нового директора стало создание в Институте мощных математических отделов, которые позволили осуществлять единство конструирования аппаратуры и создания программного обеспечения отечественных ЭВМ.

23 октября 1953 г. Общее собрание Академии наук СССР избрало С. А. Лебедева действительным членом АН СССР по отделению физико-математических наук. Он стал первым академиком, избранным по специальности «счетные устройства». Профессор С.О. Шмидт передал своей дипломнице Наташе Лебедевой фразу, сказанную его отцом Отто Юльевичем Шмидтом в день выборов: «Сегодня мы избрали в академики двух действительно выдающихся ученых — Лебедева и Сахарова».

В 1954 г. по инициативе Президиума АН СССР была создана правительственная комиссия для сравнения характеристик БЭСМ и «Стрелы». Ее выводы были однозначными — БЭСМ лучше и перспективнее. Она выполняла в среднем 8 тыс. трехадресных операций в секунду, максимальная производительность составляла 10 тыс. оп./с. В конце 1957 г. в качестве основного вида оперативной памяти было установлено магнитное оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса. При том же быстродействии оно имело значительно меньшие размеры, большую емкость (2047 слов), упрощенную схему управления и повышенный уровень надежности. Всего в составе БЭСМ использовалось 4 тыс. электронных ламп, 5 тыс. полупроводниковых диодов и около 200 тысяч сердечников [64].

За создание БЭСМ Сергей Алексеевич в 1954 г. был награжден орденом Ленина, а 1 июня 1956 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Даже спустя два года БЭСМ оставалась на уровне самых быстродействующих американских ЭВМ. Когда в октябре 1955 г. на международной конференции в Дармштадте (ФРГ) Сергей Алексеевич рассказал о БЭСМ, это произвело сенсацию: малоизвестная за пределами СССР БЭСМ оказалась лучшей в Европе!

Ученик Сергея Алексеевича, известный ученый, член-корреспондент АН СССР Л.Н. Королев писал об этом докладе следующее: «В 1955 г. в Дармштадте (ФРГ) академик Сергей Алексеевич Лебедев выступил с докладом об архитектуре быстродействующих машин. Это было время, когда спроектированные под руководством С.А. Лебедева электронно-вычислительные машины по быстродействию превосходили зарубежные серийные образцы. Причем они никогда не были копией какого-либо зарубежного типа ЭВМ. Это был продукт собственного оригинального творчества советских специалистов. На конференции в Дармштадте С.А. Лебедев очень четко высказал идею конвейерной организации вычислений в архитектуре высокопроизводительных машин. Такой способ организации параллельной обработки данных им был назван принципом водопровода. Только по прошествии десятка лет этот принцип стал широко использоваться зарубежными разработчиками ЭВМ, естественно без ссылок на С.А. Лебедева. Провозглашенный Лебедевым принцип был к тому времени уже реализован в некоторых советских вычислительных машинах под его руководством, а в БЭСМ-6 получил свое яркое воплощение» [65].

Многие задачи, которые ранее считались неразрешимыми из-за весьма большого объема вычислений, легко решались на БЭСМ. Сам Сергей Алексеевич любил приводить в качестве примера расчет на БЭСМ траектории полета снаряда, который осуществлялся быстрее, чем летел сам снаряд.

В феврале 1955 г. Совет Министров принял постановление о создании первого в стране Вычислительного центра АН СССР. Его директором стал академик А. А. Дородницын. Вычислительному центру были переданы две машины — БЭСМ, установленная в ИТМ и ВТ, и «Стрела», находящаяся в Институте математики

им. В.А. Стеклова АН СССР. И та, и другая работали круглосуточно. Их время расписывалось каждую неделю и утверждалось председателем Совмина СССР Н.А. Булганиным [66].

В конце 1957 г. под руководством С.А. Лебедева менее чем за полгода К. С. Неслуховский, А.Н. Зимарев, В.А. Мельников, А. В. Аваев и др. подготовили эту ЭВМ к серийному производству. Она стала выпускаться Ульяновским заводом как БЭСМ-2. Этими ЭВМ оснащались практически все крупные вычислительные центры страны. На БЭСМ-2 осуществлялись расчеты при запусках искусственных спутников Земли и первых космических кораблей с человеком на борту.

Принципы построения БЭСМ-2 были обстоятельно и детально изложены в серии монографий «Электронная цифровая вычислительная машина БЭСМ» (выпуски 1-3), подготовленной под редакцией С. А. Лебедева. Первый выпуск — «Общее описание БЭСМ и методика выполнения операций» — написан Сергеем Алексеевичем в соавторстве с В.А. Мельниковым [67].

В 1956 г. С. А. Лебедев подготовил и опубликовал научно-популярную брошюру «Электронные вычислительные машины», в которой описывались основные принципы действия ЭВМ, давалось представление об ее устройстве, методах программирования, областях использования и перспективах дальнейшего развития.

В 1956 г. на III Всесоюзном математическом съезде Сергей Алексеевич сделал доклад, в котором раскрыл принципы работы ЭВМ, поставил проблемы, связанные с программированием, наметил перспективы развития цифровой электронной счетной техники. Это выступление было положено в основу статьи Лебедева (в соавторстве с М. Р. Шурой-Бурой), которая была напечатана также в США и вызвала большой интерес [68].

Ряд новаторских идей был высказан Сергеем Алексеевичем в том же году в его докладе на сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. Он наметил пути увеличения производительности и надежности машин как за счет максимального распараллеливания процесса вычислений, так и путем использования новых материалов, технологических методов и т. д. Ученый обосновал возможность и целесообразность создания многомашинных комплексов и машин с параллельно работающими отдельными устройствами, использующими общую основную память для увеличения производительности вычислительных средств [69].

По инициативе и при активном участии академика Лебедева в марте 1956 г. состоялась всесоюзная конференция «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения». Сергей Алексеевич выступил с центральным, программным докладом «Быстродействующие универсальные вычислительные машины». В нем была не только дана оценка того, что сделано в области ЭВМ, но и сформулированы задачи на будущее. В частности, ученый полагал, что для совершенствования ЭВМ необходимо максимальное распараллеливание вычислительного процесса. Он развивал идеи использования модульного принципа, применения дублирования отдельных устройств машины. С. А. Лебедев предлагал кроме основного ОЗУ большой емкости вводить в состав ЭВМ еще и сверхбыстродействующее ЗУ малой емкости, заменить электронные лампы дискретными полупроводниковыми элементами, делать ОЗУ не на электронно-лучевых трубках, а на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса [70]. Принципы максимального распараллеливания, модульности и создания ЭВМ на полупроводниковой основе впоследствии были развиты и стали одними из основных, на базе которых создавались суперЭВМ и мощные информационно-вычислительные системы. Сергей Алексеевич излагал свои мысли коротко, предельно ясно и аргументировано во всех своих выступлениях и письменных текстах.

Работая над БЭСМ-1, Сергей Алексеевич уже продумывал принципы и архитектуру новой машины, которая должна была стать самой быстродействующей в мире

ЭВМ, производя 20 тыс. операций в секунду. Чтобы избежать повторения истории с БЭСМ, он добился принятия правительством решения, обязывающего Академию наук СССР, Министерство машиностроения и приборостроения, Министерство радиотехнической промышленности совместными усилиями спроектировать и подготовить первый образец М-20 во втором квартале 1956 г. 15 июля 1955 г. Совет Министров СССР принял соответствующее постановление за № 5337р. Генеральным конструктором машины был назначен академик С. А. Лебедев, его заместителем — М.К. Сулим (СКБ-245), впоследствии зам. министра МРП по вычислительной технике. ИТМ и ВТ было поручено разработать идеологию машины, ее структуру, схемы, элементную базу. На СКБ-245 возлагались подготовка технической документации и изготовление опытного образца.

В ИТМ и ВТ над проектом машины первоначально работали трое — С. А. Лебедев, М.Р. Шура-Бура и П.П. Головистиков. Сергей Алексеевич разрабатывал идеологию и структуру машины, Михаил Романович Шура-Бура — систему команд и математические аспекты, связанные с М-20, Петр Петрович Головистиков превращал их решения в конкретные схемы, в основе которых должны были лежать новые, сконструированные им динамические элементы на пальчиковых лампах. Структура машины была существенно развита за счет частичного совмещения операций и аппаратной организации циклов. В М-20 использовался целый ряд новых логических операций, что значительно облегчало программирование, вводилась модификация адресов. За счет ряда оригинальных схемотехнических решений время выполнения операций было существенно сокращено. Эти и другие новшества практически не привели к увеличению количества ламп. Возросло лишь число диодов, но к тому времени они были уже полупроводниковые (германиевые), небольших размеров и надежные в эксплуатации [71].

Одновременно В.В. Бардиж, А.С. Федоров, М. П. Сычева и др. разрабатывали ферритовое запоминающее устройство. А. П. Валашек, Н.П. Зубрилин, М.В. Тяпкин и др. конструировали устройства внешней памяти.

В конце 1955 г. в ИТМ и ВТ приступили к изготовлению макета машины, в 1956 г. началась его отладка. К началу 1957 г. было закончено и изготовление опытного образца М-20 в СКБ-245. В его наладке самое активное участие принимал Сергей Алексеевич. Не все шло гладко. Подвели по надежности динамические элементы [72], ОЗУ на ферритах работало со сбоями. Все это осложнялось заводской обстановкой и легло на плечи С. А. Лебедева, который практически не выходил из цеха и вместе с инженерами, подключив молодых специалистов Соколова, Лаута, Тяпкина, Федорова, исправлял на ходу дефекты разработки. В результате этого уже к началу 1958 г. машина заработала надежно. В том же году она была принята Государственной комиссией с оценкой «самая быстродействующая машина в мире» и запущена в серию. Таким образом, промышленность стала выпускать и БЭСМ-2, и М-20. Потребность в быстродействующих ЭВМ была столь велика, что обе машины пользовались огромным спросом. При этом на М-20 решались самые сложные и важные задачи в стране. Производство же БЭСМ-2 намного снизило вычислительный голод [73].

Работа коллективов ИТМ и ВТ АН СССР и СКБ-245, создавших М-20, была выдвинута на соискание Ленинской премии, но, как и в случае с МЭСМ, ее отклонили...

М-20 блестяще завершила цикл разработок Сергея Алексеевича в области универсальных ЭВМ первого поколения. Но в нее было заложено уже много конструктивных решений, характерных для машин следующего поколения и разработанных в ИТМ и ВТ машин, работающих в реальном масштабе времени, в которых была осуществлена автономная параллельная работа устройства управления, арифметического устройства, оперативного ЗУ и устройства управления внешним оборудованием. В этих же машинах впервые в мировой практике был реализован ввод в машину информации, поступающей с большого количества асинхронно работающих линий

связи. Благодаря своим структурным качествам М-20 послужила прототипом ряда машин второго поколения, выполненных на полупроводниках — БЭСМ-3М, БЭСМ-4, М-220, М-222. Эти машины под руководством Сергея Алексеевича разрабатывались группой молодых инженеров и техников в СКБ ИТМ и ВТ. В 1964 г. они получили задание освоить первые полупроводниковые элементы. Для накопления опыта им надлежало сначала создать макеты основных узлов ЭВМ. В дальнейшем было решено проверить узлы в комплексе, изготовив небольшой макет машины. Он был собран и получил название БЭСМ-3М [74].

Возникла идея создать машину, повторяющую структурно-логическую схему М-20, но с использованием новых элементов. Так появилась БЭСМ-4. Государственная комиссия под председательством А.А. Дородницына отметила высокие эксплуатационные и конструктивные качества этой первой отечественной полупроводниковой универсальной ЭВМ. Она отличалась надежностью, малыми габаритами, низкой стоимостью и, будучи запущенной в серийное производство, пользовалась большим успехом у пользователей. Когда через год после установки БЭСМ-4 в Вычислительном центре АН СССР у его руководства спросили, как она работает, ответ был таков: «Ваша машина разлагает молодых инженеров. Они не выполняют профилактических работ, так как машина не имеет сбоев — она слишком надежна» [75].

Параллельно с разработкой и созданием универсальных ЭВМ С.А. Лебедев и коллектив ИТМ и ВТ АН СССР в целом уделяли серьезное внимание работам, связанным с обороной страны. В 1953—1956 гг. в Институте проводились исследования и разработки по автоматическому съему данных с радиолокационной станции (РЛС) и сопровождению целей. В результате совместных работ с отраслевым НИИ-17, разрабатывающим радиолокаторы, был осуществлен съем данных с радиолокатора и автоматическое слежение за летающими целями. Инициатором этих работ был С. А. Лебедев. В 1955 г. на макете РЛС обзорного действия был проведен эксперимент по одновременному сопровождению нескольких реальных целей (самолетов) при опережающем расчете их траектории. Ввод данных в цифровом виде осуществлялся на специализированной ЭВМ «Диана-1», а сопровождение целей на ЭВМ «Диана-2» [76]. Эти работы открыли путь к созданию радиолокационных и ракетных комплексов на новой информационно-вычислительной основе.

Дальнейшее развитие этих работ привело к созданию целой серии ЭВМ, предназначенных для ПРО. Работы по вычислительным средствам ПРО возглавлял С.А. Лебедев. По его предложению В.С. Бурцев был назначен его заместителем и ответственным исполнителем работ.

Ламповая ЭВМ М-40 с быстродействием 40 тыс. оп./с, созданная в рекордно сжатые сроки, заработала в 1958 г. Несколько позднее появилась М-50 (с плавающей запятой и быстродействием в 50 тыс. оп./с). Машины имели мультиплексный канал, позволяющий принимать для обработки данные по шести асинхронно работающим дуплексным направлениям [77].

На базе этих ЭВМ в 1960 г. была создана первая советская система ПРО. Ее генеральным конструктором стал 35-летний физик, талантливый ученый и организатор Григорий Васильевич Кисунько [78]. Под его руководством западнее озера Балхаш в безводной пустыне в 1956 г. началось строительство противоракетного полигона и создание экспериментального комплекса ПРО — так называемой системы «А». Пустыня стала условной Москвой, окруженной системой ПРО, по которой стреляли из Капустина Яра, Плисецка. Были выполнены два проекта по вычислительным средствам экспериментальной ПРО: ИТМ и ВТ и НИИ-245. Но благодаря тому, что в ИТМ и ВТ по инициативе С.А. Лебедева были существенно продвинуты работы по съему данных с РЛС и поэтому лучше проработана вычислительная система, было отдано предпочтение разработке ИТМ и ВТ. От Лебедева, Кисунько, Бурцева требовалась не только прозорливость, но и смелость при разработке казавшегося

многим неосуществимым проекта. ЭВМ, работавшие в то время на лампах, были далеки от совершенства, нередко они давали сбои, когда выходил из строя тот или иной элемент. Повышение их надежности и быстродействия стало одной из важнейших задач ученых [79].

Вскоре в специальном зале была установлена новая вычислительная система, построенная для обработки полигонных измерений на базе машины М-50 (модернизированная М-40 с плавающей запятой). Все это было впервые в Союзе, наверное, и в мире. Машины М-40 и М-50 были соединены локальной связью и имели систему прерывания. Многие работы велись без всяких постановлений, только потому, что С. А. Лебедев подходил к делу неформально — он видел, что это необходимо, без этого невозможно. Принимал решение, согласовывал с Г. В. Кисунько и заказчиком, давал разработчикам команду на выполнение работ. Исполнители работали с большим удовольствием и энтузиазмом, так как не были связаны никакими техническими заданиями (их никто и написать-то не мог), делали на месте то, что необходимо — творили. Этот замечательный стиль работы поддерживали С.А. Лебедев, Г. В. Кисунько и представитель заказчика Г. Ф. Байдуков.

Всего через год после начала работ на полигоне вошел в строй первый локатор, успешно фиксировавший все учебные пуски ракет. А спустя еще два года начались стрельбы противоракет при полном составе системы «А». В 1961 г. вошел в строй весь радиолокационный комплекс наведения противоракеты на баллистическую ракету противника с точностью до 25 метров. Его компонентами стали невиданные для тех лет радиолокаторы с мощнейшим энергетическим потенциалом; автоматизированная система управления, базировавшаяся на высокопроизводительной вычислительной сети с центральной ЭВМ (М-40); высокоскоростные и маневренные противоракеты с цифровым управлением с земли [80].

День, когда противоракета впервые успешно сбивает запущенную баллистическую ракету, остался в памяти у всех создателей системы ПРО. Цель была запущена, ее вели все локаторы. Программист нажимает кнопку, отметка цели на экране. Следом пуск противоракеты, ее полет должен был продлиться 3 минуты, и тут сбой в ЭВМ. Наверное, это были одни из самых трагических секунд в жизни С.А. Лебедева и участвовавших в испытаниях его сотрудников, однако за две минуты неисправность устраняется, и противоракета, наведенная с помощью вычислительной сети, сбивает баллистическую ракету. На экране ЭВМ высвечивается: «Подрыв цели». На следующий день данные кинофоторегистрации подтвердили: головная часть баллистической ракеты развалилась на куски.

Это событие явилось настоящим прорывом в военном деле, науке и даже в политике. На одной из пресс-конференций Н.С. Хрущев заметил: «Наша ракета, можно сказать, попадает в муху в космосе» [81]. Для многих тогда осталось загадкой, всерьез ли он это говорил.

Тем не менее успешное продвижение СССР в области ПРО вынудило американцев пойти на заключение договора с СССР по ограничению ПРО, который появился в 1972 г. и стал первым документом по разоружению послевоенного времени.

Создатели первой системы ПРО получили Ленинскую премию. Среди них были Г.В. Кисунько, С.А. Лебедев, В.С. Бурцев.

Впоследствии ламповые ЭВМ были заменены полупроводниковыми. Особое внимание при создании усовершенствованных вычислительных средств ПРО стало уделяться устойчивости их работ при сбоях и отказах. Вычислительная сеть штатной системы ПРО протяженностью несколько сотен километров состояла из комплексов, построенных на идентичных боевых ЭВМ с полным контролем их работы и с обеспечением резервирования. Серийный выпуск для этих целей ЭВМ производительностью 0,5 млн операций в секунду, получившей название 5Э92Б, был начат в 1966 г. После модернизации эти ЭВМ, как 5Э51, выпускались серийно для построения

мощных вычислительно-информационных центров, в центрах обработки данных, испытаний и моделирования работы объектов.

Чрезвычайно принципиальным для развития вычислительной техники в СССР было решение о том, что в СССР должен быть институт, разрабатывающий сверхвысокопроизводительные вычислительные системы, не связанный рамками копирования зарубежных технических решений. Только благодаря этому мы имеем такие передовые в архитектурном плане разработки как БЭСМ-6, АС-6, 5Э26, МВК «Эльбрус-1», МВК «Эльбрус-2». Школой С.А. Лебедева были выполнены и другие разработки, к сожалению не реализованные серийно. К ним относятся: векторный процессор «Эльбрус-2», модульный конвейерный процессор (МКП), векторно-конвейерная вычислительная система «Электроника ССБИС». Поэтому можно совершенно твердо сказать, что школа С.А. Лебедева идет в первых рядах развития схемотехнических и архитектурных решений в мире. В то же время, к сожалению, мы сильно отстали в технологии производства элементной базы.

Существуют различные мнения об отношении Сергея Алексеевича к производству в СССР семейства ЕС ЭВМ — копий машин фирмы ИВМ. Дело в том, что возглавить эти работы предлагалось ИТМ и ВТ. Сергей Алексеевич вынес этот вопрос на решение коллектива. Все сошлись на том, что эта работа лежит в стороне от создания самых быстродействующих ЭВМ и будет связывать инициативу по их разработке. Сергей Алексеевич поддержал решение коллектива, так как понимал, что суперЭВМ являются передним фронтом развития всей вычислительной техники. Он отстаивал это мнение перед руководством. Обсуждался вопрос и о том, какую зарубежную ЭВМ взять за основу: американскую фирмы ИВМ или английскую фирмы ICL. Мнение Сергея Алексеевича и ведущих разработчиков ИТМ и ВТ было в пользу ICL как более продвинутой в плане архитектуры. Поэтому Сергей Алексеевич вместе с зам. министра М.К. Сулимом на заседании у министра В.Д. Калмыкова рекомендовал этот вариант. Министр радиопромышленности СССР В.Д. Калмыков и президент Академии наук СССР М. В. Келдыш приняли отличное от рекомендации С.А. Лебедева решение. Они сориентировались на ИВМ, очевидно принимая во внимание то, что ИВМ в коммерческом отношении была гораздо более мощной фирмой по сравнению с ICL. Как показала жизнь, их решение оказалось в каком-то отношении оправданным. ICL в настоящее время практически не производит компьютеров, а ИВМ является самой мощной в мире фирмой по производству персональных компьютеров и других ЭВМ. Для того, чтобы в создавшейся ситуации обеспечить первоочередное финансирование развиваемых С.А. Лебедевым направлений, он давал согласие на выполнение институтом военных заказов.

Получая финансирование на выполнение военных заказов, Сергей Алексеевич умело использовал их и для разработки более дешевых высокопроизводительных ЭВМ гражданского назначения. Апофеозом работ по созданию универсальных машин второго поколения стало создание БЭСМ-6. Почти два десятилетия она была самой высокопроизводительной ЭВМ в нашей стране и одной из лучших в мире. Ее быстродействие составляло 1 млн операций в секунду [82].

Сергею Алексеевичу, генеральному конструктору этой ЭВМ, помогали его ученики — В.А. Мельников, Л.Н. Королев и А.А. Соколов, ставшие заместителями С. А. Лебедева в работе над этой суперЭВМ второго поколения. По инициативе и при активном участии Сергея Алексеевича А.Н. Томилиным было произведено математическое моделирование будущей машины. Исходя из намеченных для нее комплексов задач определили состав устройств, их внутренние связи, систему команд, отобрали полупроводниковые элементы. Результатом явилась оригинальная и удобная для программирования структурная организация машины. Разработанная А.А. Соколовым элементная база БЭСМ-6 по тем временам была совершенно новой, в ней были

заложены основы схемотехники ЭВМ третьего и четвертого поколений. Оценить и использовать такую новацию в построении элементной базы мог только С. А. Лебедев.

В этой ЭВМ были использованы 60 тыс. транзисторов и 180 тыс. полупроводниковых диодов. Принцип отделения сложной машинной логики, построенной на диодных блоках, от однотипной усилительной части на транзисторах обеспечил простоту изготовления и надежность работы, облегчение ее эксплуатации [83].

Макет БЭСМ-6 запустили в опытную эксплуатацию в 1965 г., а в середине 1967 г. первый экземпляр машины был представлен на испытания. Тогда же были изготовлены три серийных образца. Благодаря совместной работе с заводом-изготовителем фактически не потребовалось времени на доводку машины и ее подготовку к серийному производству. Высочайшее качество машины, ее высокое быстродействие, огромный спрос на машину привели к тому, что БЭСМ-6 выпускалась промышленностью 17 лет!

БЭСМ-6 была первой отечественной ЭВМ, принятой Государственной комиссией, с полным и при том весьма развитым математическим обеспечением. Комиссию возглавлял президент АН СССР М. В. Келдыш. Сергей Алексеевич, придавая огромное значение совместной работе математиков и инженеров в создании вычислительных систем, привлек к ней многих ведущих специалистов страны. Большие возможности ЭВМ обуславливали и повышенные требования к ее математическому обеспечению, которое позволяло бы с максимальной эффективностью использовать машину.

Все схемы БЭСМ-6 по инициативе С.А. Лебедева были записаны формулами булевой алгебры. Это открыло широкие возможности для автоматизации проектирования и подготовки монтажной и производственной документации. Она выдавалась на завод в виде таблиц, полученных на БЭСМ-2. В разработке БЭСМ-6 были впервые применены методы проектирования и описания, которые в дальнейшем стали широко использоваться при создании новейших суперЭВМ. К ним прежде всего следует отнести имитационное моделирование процессов работы машины, способствующее выбору оптимальных структурных решений, представление схем алгебро-логическими выражениями, обеспечивающее их обзорность и простоту понимания.

В дальнейшем методы машинного проектирования ЭВМ были успешно развиты учеником С.А. Лебедева членом-корреспондентом АН СССР Г. Г. Рябовым, являющимся в настоящее время директором ИТМ и ВТ.

Принципиальные особенности БЭСМ, которые роднят ее с машинами третьего поколения, следующие:

— применение виртуальной памяти со структурным отображением ее в физическую память; аппаратный механизм преобразования математического адреса в физический; страничная организация памяти и разработанные на ее основе механизмы защиты памяти при обращении к ней за командами и операндами — появилась возможность динамического распределения оперативной памяти в процессе вычислений средствами операционной системы;

— магистральный, или, как его назвал в 1964 г. Сергей Алексеевич, «водопроводный» принцип управления, связанный со специальным построением системы запоминающих устройств. Потоки команд и операндов обрабатываются параллельно (до тринадцати машинных команд на различных стадиях выполнения);

— использование ассоциативной памяти на сверхбыстрых регистрах, что сократило количество обращений к ферритовой памяти, позволило осуществлять локальное ускорение вычислений в динамике счета;

— расслоение оперативной памяти на автономные модули, обеспечившее возможность одновременного обращения к нескольким блокам памяти;

— многопрограммный режим работы для одновременного решения нескольких задач с заданными приоритетами;

— развитая система прерывания, необходимая для автоматического перехода с решения одной задачи на другую и обеспечения работы многих внешних устройств параллельно с решением задач [84].

БЭСМ-6 стала настоящим триумфом Сергея Алексеевича Лебедева и его школы. Основные участники разработки и создания БЭСМ-6 — С.А. Лебедев, В.А. Мельников, А. А. Соколов, Л.Н. Королев, В.И. Смирнов, А.Н. Томилин, В.Н. Лаут, Л. А. Зак, М.В. Тяпкин, В.Я. Семешкин, В.А. Иванов — получили Государственную премию.

На основе БЭСМ-6 были созданы крупные вычислительные центры, информационно-вычислительные системы телеобработки, системы управления в реальном масштабе времени и т. д. Она использовалась для моделирования важнейших физических процессов и процессов управления, а также в системах проектирования, в том числе для разработки математического обеспечения новых ЭВМ. Машины снискали заслуженное уважение пользователей и в 70-х годах составляли основу парка высокопроизводительных ЭВМ.

В конце 60-х гг. С.А. Лебедев, В.А. Мельников и А.А. Соколов в качестве главных конструкторов возглавили работы по созданию многомашинной вычислительной системы АС-6, в состав которой входила и БЭСМ-6. Она воплотила в себе многие новые идеи, составившие в дальнейшем основу будущих суперЭВМ. Эта система использовалась в космической программе «Союз—Аполлон» и последующих запусках космических кораблей. Вся информация обрабатывалась зачастую значительно раньше, чем у коллег в США [85].

Одновременно с созданием БЭСМ-6 С.А. Лебедев был Главным конструктором вычислительных средств боевой подмосковной системы ПРО. Заместителем, а затем и Главным конструктором (после смерти С. А. Лебедева) был его ученик В. С. Бурцев. Вычислительные средства боевой ПРО были построены на базе вычислительной машины 5Э92б, о которой упоминалось выше. Эта ЭВМ, в отличие от БЭСМ-6, имела крупноблочную конструкцию и была приспособлена к эксплуатации в военных условиях. 5Э92б обладала полным аппаратным контролем, обеспечивающим достоверную выдачу данных, автоматизированную диагностику неисправностей с автоматическим переходом на резервную машину комплекса. Эти работы были закончены в 1967 г. к ноябрьским праздникам. На базе машины 5Э92б были построены боевые комплексы, комплексы контроля космического пространства и целый ряд боевых информационно-моделирующих объектов.

После окончания этих работ, уже в 1968 г., Генеральным конструктором ПРО был поставлен вопрос о создании вычислительных средств будущих ПРО и использования математических методов для селекции боевой части <sup>1)</sup>. Это потребовало создания вычислительных средств с производительностью свыше 100 млн оп./с. Сергей Алексеевич предложил назвать эту разработку «Эльбрус», именем самого высокого на Кавказе пика, поскольку такой производительности не имела ни одна машина в мире. В то время еще не было машины Скау I, которая только при выполнении векторных операций могла достичь на одном конвейере максимальной производительности 80 млн оп./с. На скалярных операциях максимальная производительность Скау I была значительно ниже.

В СССР не было элементной базы и архитектурных решений для создания вычислительных средств требуемой производительности. Следуя принципам Сергея Алексеевича, была принята поэтапная схема решения этой сложной проблемы. На

<sup>1)</sup> Это один из принципиальных вопросов построения ПРО. Дело в том, что боевая головка баллистической ракеты в процессе полета распадается на несколько десятков частей с одинаковой для радиолокатора отражающей поверхностью. Тем не менее по особенностям их отражающих сигналов должна быть выделена часть, несущая заряд.

первом этапе необходимо было освоить производство интегральных схем и технологию конструирования на их базе.

Академик А.А. Расплетин предлагает Сергею Алексеевичу создать вычислительные средства (ВС) для противосамолетной системы С-300. Сергей Алексеевич становится Главным конструктором ВС С-300. Выполняя эти работы, институт делал как бы первый шаг к построению комплекса производительностью 100 млн скалярных операций в секунду для целей ПРО. Осваивались методы конструирования на интегральных схемах и принципы построения многопроцессорных комплексов. Многопроцессорность в этом случае использовалась для целей резервирования модулей процессора, модулей ОЗУ и модулей управления внешними устройствами.

Следующим шагом было использование многопроцессорности для целей не только повышения надежности, но и для увеличения производительности комплекса в целом. На элементно-конструкторской базе вычислительных средств С-300 создавался многопроцессорный вычислительный комплекс (МВК) «Эльбрус-1».

Разработка МВК «Эльбрус-2» завершала последний этап решения задачи создания вычислительного комплекса для системы ПРО требуемой производительности.

К сожалению, С. А. Лебедев не дождался окончания этих работ.

В итоге было выполнено:

— освоение интегральных схем и структурной надежности ЭВМ. ЭВМ 5Э26 для системы С-300 была освоена в серийном производстве в 1975 г. Перевозимая трехпроцессорная ЭВМ производительностью 2 млн операций в секунду в объеме менее 2,5 м<sup>3</sup>. Разработана система автоматизации проектирования ЭВМ для высокопроизводительных комплексов под руководством члена-корреспондента АН СССР Г. Г. Рябова;

— решение проблемы увеличения производительности с ростом числа процессоров. МВК «Эльбрус-1». Сдача Госкомиссии в 1980 г. Десятипроцессорный вычислительный комплекс производительностью 12 млн операций в секунду на интегральных схемах с задержкой 10—15 мкс.

— освоение новой быстродействующей элементной базы и больших интегральных схем. МВК «Эльбрус-2». Сдача Госкомиссии в 1985 г. Десятипроцессорный вычислительный комплекс производительностью 120 млн операций в секунду на интегральных схемах с задержкой 2 нс.

Однажды, заболев тяжелой формой воспаления легких, несмотря на просьбы Алисы Григорьевны остаться в постели, С.А. Лебедев поехал на работу, так как этого требовало дело. После этого воспаления легких следовали одно за другим, пока в ослабленном организме не развились тяжелейшая форма астмы, а затем и рак. Сергею Алексеевичу становилось все хуже и хуже. На некоторое время с помощью болгарского ученого-фармаколога Ивана Богданова удалось приостановить развитие болезни. Свое 70-летие ученый отпраздновал дома, где министр радиопромышленности В. Д. Калмыков вручил Лебедеву его последний орден Ленина.

Несмотря на то что Сергей Алексеевич с 1972 г. был тяжело болен и не мог сам участвовать в создании этих комплексов, он постоянно интересовался этими работами и помогал советами. Так как необходимо было выполнить большой объем работ по системному математическому обеспечению, он предложил создать в Новосибирском Академгородке специальное конструкторское бюро для разработки необходимых программ. Эта идея с большим энтузиазмом была поддержана академиком Г. И. Марчуком.

В 1973 г. ученый вновь оказался прикованным к больничной койке из-за тяжелейшего приступа астмы; ошибка в лечении привела к резкому росту раковой опухоли. Алиса Григорьевна, главным образом, а также Наташа и Сергей, сменявшие на пару суток в неделю мать, круглосуточно дежурили в палате. С мужеством настоящего стойка переносил Сергей Алексеевич страшные боли и изматывавшие его приступы

астмы, не теряя присутствие духа и чувство юмора. Как-то, когда он внимательно смотрел «Правду» с опубликованным в ней списком депутатов нового состава Верховного Совета СССР, дочь спросила: «Папа, ты смотришь, кого избрали?». «Нет, кого не избрали», — ответил ей отец.

3 июля 1974 г. Петр Петрович Головистиков, вернувшийся из Киева, навестил Сергея Алексеевича в больнице и рассказал, что побывал в Феофании. Лебедев внимательно слушал, но смотрел не на него, а куда-то вдаль... Петр Петрович запомнил этот взгляд на всю жизнь. Потом тяжелобольной ученый оживился, вероятно вспомнив счастливые киевские годы. Этот день был последним в жизни прекрасного Человека, великого Труженика, гениального Ученого — Сергея Алексеевича Лебедева.

Среди ученых нашей страны и в мире в целом не было человека, который, подобно С. А. Лебедеву, обладал бы столь мощным творческим потенциалом, чтобы охватить период от создания первых ламповых ЭВМ, выполнявших сотни и тысячи операций в секунду, до сверхбыстродействующих машин на полупроводниках и интегральных схемах, способных производить 1 млн и даже 100 млн оп./с. За двадцать лет под его руководством и при непосредственном активнейшем участии были разработаны и введены в строй 15 высокопроизводительных ЭВМ, каждая — новое слово в вычислительной технике, более производительная, более надежная и более удобная в эксплуатации, открывающая дорогу к современным суперЭВМ.

В процессе создания этих машин сформировалась и окрепла научная школа великого ученого, основоположника отечественной вычислительной техники, талантливого педагога, одержимого наукой труженика, скромного и абсолютно порядочного человека — Сергея Алексеевича Лебедева. В Киеве в распоряжении С. А. Лебедева была лаборатория в несколько десятков человек. В Москве недавно созданный ИТМ и ВТ АН СССР под его руководством превратился в лидера отечественной электронной вычислительной техники. По инициативе Лебедева в целях подготовки кадров специалистов в МФТИ была создана кафедра вычислительной техники. Ее бессменным заведующим вплоть до 1973 г. был Сергей Алексеевич. Ученики С.А. Лебедева, впитавшие его принципы и методы научного творчества, перенявшие его богатейший инженерный опыт, выросли в крупных ученых, способных вести самостоятельные исследования, продолжили дело, традиции, замыслы Сергея Алексеевича Лебедева.

Закончить этот очерк хотелось бы словами Михаила Алексеевича Лаврентьева, который писал, что сразу же после Великой Отечественной войны «выделись три важнейшие области, каждая из которых стала знаменем научно-технической революции. По каждому из этих направлений выдвинулись крупные ученые-организаторы. Их имена теперь известны всем: академик Курчатов возглавил ядерную программу, академик Королев — ракетно-космическую, академик Лебедев стал генеральным конструктором первых электронно-вычислительных машин».

#### Примечания

1. *Исаев А. Г.* Алексей Иванович Лебедев (Этюд о нижегородском издателе и библиографе) // Записки краеведов. Горький, 1973. С. 57
2. Там же. С. 58-59.
3. Там же. С. 59.
4. Там же. С. 60.
5. См. подробнее: *Лебедева О. М.* Пешковы, Васильевы, Лебедевы. Горький. 1989; Нижегородское окружение М. Горького. Горький, 1968. С. 98-99.
6. *Лебедева О. М.* Указ. соч.
7. *Исаев А. Г.* Указ. соч. С. 62.
8. Там же. С. 63-64.
9. А.И. Лебедев. Шаг за шагом. — М., 1908. С. 111.

10. О Т. А. Мавриной см. подробнее: *Костин В. И.* Татьяна Алексеевна Маврина. — М., 1966.
11. *Маврина Т.* 1900-96. Каталог выставки произведений Татьяны Алексеевны Мавриной разных лет. Музей личных коллекций ГМИИ им. А. С. Пушкина. — М., 1997. С. 2.
12. Архив семьи С.А. Лебедева.
13. См. воспоминания Т. А. Мавриной в данном томе.
14. *Исаев А. Г.* Указ. Соч. С. 66.
15. Воспоминания Т.А. Мавриной // Архив семьи С.А. Лебедева.
16. *Чернова Л. С.* А. Лебедев: «Обоснуйте!» // От махин до роботов. В 2 книгах. Кн.2. Очерки о знаменитых изобретателях, отрывки из документов, научных статей, воспоминаний, тексты патентов. Сост. Н.М. Ишков. — М., 1990. С. 328-329.
17. Там же. С. 329.
18. *Лебедев С. А.* Устойчивость параллельной работы электростанций // Вестник экспериментальной и теоретической электротехники. 1929. № 4. С. 154-174.
19. *Лебедев С. А.* Устойчивость параллельной работы крупных электрических станций // Электричество. 1932. № 5. С. 251-259; Его же. Регулирование сложных электрических систем // Электричество. 1931. № 2. С. 105-112; Его же. Методика расчета динамической устойчивости с учетом действия регуляторов напряжения и изменения реакции статора // Теоретическая и экспериментальная электротехника. 1932. № 5-6. С. 18-22.
20. *Лебедев С.А., Колтакова А.И.* Кустование электрических станций и создание Единой высоковольтной сети // Генеральный план электрификации СССР. Материалы к Всесоюзной конференции. Т. 7. Станции и сети. Сост. *Колтакова А. И.* М.-Л., 1932. С. 349-356.
21. Библиография ученых Украинской ССР. Сергей Алексеевич Лебедев. Вступительная статья В.С. Бурцева, В.М. Глушкова, З.Л. Рабиновича, Л.В. Цукерника. — Киев, 1978. С. 10-11. (Далее: Сергей Алексеевич Лебедев).
22. *Чернова Л.* Указ. соч. С. 330.
23. Электричество. 1936. № 12. С. 4-9.
24. См. подробнее: *Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах. Академик С. Лебедев. Киев, 1992. С. 12-17. (Далее: *Малиновский Б. Н.* Академик С. Лебедев)
25. Там же. С. 13.
26. См. подробнее воспоминания И. В. Корзун в данном томе.
27. *Малиновский Б. Н.* Академик С. Лебедев. С. 13.
28. См. также воспоминания С.С. Лебедева и «семейные байки» Е.С. Осечинской (дочери Сергея Алексеевича) в данном томе.
29. Сергей Алексеевич Лебедев. С. 12-13
30. Цит. по: *Малиновский Б. Н.* Академик С. Лебедев. С. 17.
31. Сергей Алексеевич Лебедев. С. 12-13.
32. *Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах. Киев, 1995. С. 24-25.
33. *Чернова Л.* Указ соч. С. 334.
34. Там же. С. 5-6, 14-15.
35. С 1960 г. А.Ю. Ишлинский — академик АН СССР.
36. С 1964 г. А. А. Харкевич — академик АН СССР.
37. Сергей Алексеевич Лебедев. С. 16-17.
38. *Апокин И.А., Хоменко Л.Г.* Первые советские ЭВМ (созданные под руководством С. А. Лебедева) // Памятники науки и техники. 1986. Отв. ред. Н. К. Гаврюшин, Н. А. Федосеев. — М., 1987. С. 29.
39. Там же.
40. См. подробнее: *Дашевский Л.Н., Шкабара Е.А.* Как это начиналось. (Воспоминания о создании первой отечественной электронной вычислительной машины — МЭСМ). — М., 1981.
41. См. подробнее: Михаил Алексеевич Лаврентьев. Материалы к библиографии ученых СССР. Серия математики. Вып. 12. Сост. *Епифанова А.П., Ильина В.П.* — М., 1971.
42. Цит. по *Малиновский Б.Н.* Академик С. Лебедев. С. 32-33.
43. *Дашевский Л.Н., Шкабара Е.А.* Указ. соч. С.53.
44. *Малиновский Б. Н.* Академик С. Лебедев. С. 31.
45. Там же. С. 18-25.

46. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. С. 67.
47. Малиновский Б. Н. Академик С. Лебедев. С. 18-21.
48. Там же. С. 21.
49. К 25-летию создания первой отечественной ЭВМ // Управляющие системы и машины. 1976. № 6. С. 3-6.
50. Малиновский Б. Н. Очерки по истории компьютерной науки и техники в Украине. Киев, 1998. С. 35-36.
51. Там же. С. 36-37.
52. Там же. С. 36.
53. Головистиков П.П. Первые годы ИТМ и ВТ // От БЭСМ до супер-ЭВМ. Вып. 1. С.24-25.
54. Малиновский Б. Н. Академик С. Лебедев. С. 36-37.
55. Архив семьи Лебедевых.
56. Головистиков П.П. Указ соч. С. 35.
57. Там же. С. 38-39.
58. Там же. С. 43.
59. Малиновский Б. Н. Академик С. Лебедев. С. 42-43.
60. Там же. С. 44.; Ландер Е.П. Ртутные линии задержки // От БЭСМ до супер-ЭВМ. Вып. 1. С. 60-63.
61. Сергей Алексеевич Лебедев. С. 19-20; Апокин И.А., Хоменко Л.Г. Указ. соч. С. 31-33.
62. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. С. 54.
63. См. воспоминания В.С. Элькснин в данном томе.
64. Апокин И.А., Хоменко Л.Г. Указ. соч. С.32-33.
65. См. От махин до роботов. С. 365-366. Текст доклада в Дармштадте был опубликован в типографии ИТМ и ВТ: «Быстродействующая электронная вычислительная машина Академии наук СССР. Докл. на Международной конференции по электронно-счетным машинам в г. Дармштадте. Октябрь 1955 г.». — М., 1955.
66. Малиновский Б. Н. Академик С. Лебедев. С. 46-47.
67. Быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР. В 2 частях. — М., 1952.
68. Сергей Алексеевич Лебедев. С. 20.
69. Там же. С. 21.
70. Доклад С.А. Лебедева на этой конференции см.: Быстродействующие универсальные вычислительные машины. Конференция «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения» Пленарное заседание. Москва. 12-17 марта 1956г.-М., 1956. С.31-43.
71. Головистиков П. П. Машина М-20 //От БЭСМ до супер-ЭВМ. Вып. 1. С. 69-80.
72. Там же. С. 74-75.
73. Там же. С. 77-78. См. также Малиновский Б. Н. Академик С. Лебедев. С. 47-50.
74. Грызлов А.А. Машина БЭСМ-4 // От БЭСМ до супер-ЭВМ. Вып. 1. С. 93-98.
75. Там же. С. 97.
76. Малиновский Б. Н. Академик С. Лебедев. С. 63-64.
77. Там же. С. 64.
78. См. воспоминания Г. В. Кисунько «Секретная зона». — М., 1996.
79. Малиновский Б. Н. Очерки истории компьютерной науки и техники в Украине. С. 50-53.
80. Там же. С. 52-53; Голубев О. В., Каменский Ю.А., Минасян М.Т., Пупков Б.Д. Российская система противоракетной обороны. Прошлое и настоящее — взгляд изнутри). — М., 1994.
81. Малиновский Б. Н. Очерки истории компьютерной науки и техники в Украине. С. 52.
82. Апокин И.А., Хоменко Л.Г. Указ. соч. С. 34-36.
83. Королев Л.Н., Мельников В. А. Об ЭВМ БЭСМ-6 // Управляющие системы и машины. 1976. № 6. С. 7-11.
84. Королев Л.Н., Мельников В.А. Указ соч. С. 7-9.
85. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. С. 65.

## Автобиография<sup>1)</sup>

Родился в 1902 г. в г. Горький. Отец — литератор-народоволец. Мать — школьная учительница. После Октябрьской революции отец работал в Наркомобразе, а затем получил персональную пенсию и занимался литературной деятельностью. Умер в 1940 г. Мать после Октябрьской революции была учительницей в школе первой ступени, а затем вышла на пенсию. Жила вместе с сестрами в Москве, умерла в 1949 г. Сестры Екатерина и Татьяна — художницы. Сестра Елена — домашняя хозяйка.

До Октябрьской революции я учился в начальной школе, а затем в гимназии в г. Горький. В 1918 г. вместе с семьей переехал в г. Ульяновск, где учился в школе II ступени, а затем в г. Курмыш и г. Сарапул. В 1920 г. в связи с вызовом отца т. Луначарским переехал в Москву, где поступил в Московское высшее техническое училище (МВТУ) на электротехнический факультет (в дальнейшем выделен в Московский энергетический институт (МЭИ)).

На старших курсах МЭИ значительное количество времени уделял изучению иностранной технической литературы, особенно в области электрических сетей. В качестве дипломного проекта мной была выбрана исследовательская тема по новой в то время проблеме — «Устойчивость параллельной работы электрических станций». В 1928 г., окончив и защитив эту дипломную работу, я получил диплом инженера-электрика и был оставлен при МЭИ в качестве преподавателя. Одновременно поступил на работу во Всесоюзный электротехнический институт на должность младшего научного сотрудника.

За период 1928-1936 гг. основным направлением моей работы являлась область мощных энергосистем и в частности — исследование и изучение вопросов устойчивости параллельной работы, регулирования напряжения и частоты, передачи энергии на большие расстояния и тому подобное.

В ВЭИ мной была организована лаборатория электрических систем, занимавшаяся под моим руководством исследованием вопросов устойчивости и регулирования мощных энергосистем, разработкой практических методов расчета и их внедрения в практику проектирования и эксплуатации. Сложность этих расчетов заставила меня заняться разработкой моделей сетей переменного тока, которые затем были изготовлены в ВЭИ для Теплоэлектропроекта и Уралэнерго. Применительно к этим моделям мной были разработаны новые, более совершенные методы расчета сложных электрических систем.

В МЭИ я вначале вел занятия по «Основам электротехники», затем разработал новый курс «Устойчивость параллельной работы электрических систем», который через некоторое время вводится во всех энергетических ВТУЗах. Одновременно мной проводится большое количество докладов и сокращенных курсов по этим вопросам в энергетических системах и проектных организациях. Совместно с П.С. Ждановым разрабатывается труд — «Устойчивость параллельной работы электрических систем». Ряд моих исследований и разработок печатается на страницах нашей периодической литературы. В 1935 г. мне присваивают ученое звание профессора.

В 1936 г. значительно развиваются работы лаборатории электрических систем в области автоматического регулирования, и она объединяется под моим руководством с лабораторией автоматики. С этого времени под моим руководством, помимо энергосистем, разрабатываются также вопросы автоматического регулирования и управления для промышленности. Мной разрабатывается теория искусственной устойчивости энергосистем, обеспечиваемая путем соответствующего регулирования

<sup>1)</sup> Автобиография, хранящаяся в архиве семьи Лебедевых, написана Сергеем Алексеевичем в 1944 г.

синхронных генераторов. Теоретические выводы, показывающие значительное увеличение устойчивости, подтверждаются лабораторными и эксплуатационными испытаниями. На основании этих исследований под моим непосредственным руководством научным сотрудником Герценбергом разрабатываются электронные регуляторы напряжения для Сталиногорской ГРЭС с целью увеличить пропускную способность ее магистральных передач. В дальнейшем эти регуляторы устанавливаются также на других станциях и, благодаря успешному опыту эксплуатации, получают признание со стороны эксплуатации. Результаты исследования искусственной устойчивости защищаются мной в 1939 г. в ЭНИНе АН СССР в качестве диссертации на ученую степень доктора технических наук.

В 1939-1940 гг., в связи с проблемой сооружения Куйбышевского гидроузла, я возглавляю в Теплоэнергопроекте научно-техническое руководство разработкой проектного задания магистральных линий электропередач. В этой работе мной реализовывается накопленный ранее опыт, а также решаются новые теоретические вопросы и разрабатываются новые методы расчета.

Во время Великой Отечественной войны я вместе с возглавляемой мной лабораторией автоматически полностью переключился на военную тематику. В 1941 г. я эвакуировался вместе с ВЭИ в г. Свердловск, где продолжал заниматься теми же вопросами военной техники. В Свердловске в 1943 г. вступил кандидатом в члены ВКП(б). В 1943 г. в связи с реэвакуацией ВЭИ вернулся в Москву.

В 1944 г. по приказу Наркома электропромышленности на базе лаборатории автоматики создано Центральное конструкторское бюро электропривода и автоматики, в котором я был назначен научным руководителем. За это время ЦКБ электропривода и автоматики выполняло ряд работ для Красной Армии, военно-морского флота и промышленности. Помимо общего научно-технического руководства ЦКБ электропривода и автоматики, мной непосредственно ведется большая принципиально новая работа в области военной техники, находящаяся в стадии завершения.

Одновременно с работой в ВЭИ по возвращении в Москву из эвакуации я был назначен в 1943 г. зав. кафедрой «Релейная защита и автоматизация электрических систем» в МЭИ, где за этот год мной прочитан курс «Автоматизация электрических систем» и созданы лаборатории.

За время своей научно-педагогической деятельности постоянно участвовал в работе конференций и съездов по вопросам энергетики и автоматики, а также неоднократно привлекался к работе правительственных комиссий. Внутри ВЭИ принимал участие в общественной жизни Института — был членом бюро ИТС, членом месткома, заместителем председателя завкома ВЭИ. За стахановскую работу награжден сталинским райкомом г. Свердловска почетной грамотой. Неоднократно премировался за работу в ВЭИ и МЭИ. Женат с 1929 г. Имею трех детей. Старшему сыну 9 лет. Жена и дети живут вместе со мной. Жена Алиса Григорьевна Лебедева работает директором кино ВЭИ. Репрессированных и живущих за границей близких родственников не имею.

*Доктор технических наук С. А. Лебедев*

**Свидетельство Компьютерного Общества IEEE  
о награждении Сергея Алексеевича Лебедева  
медалью «Computer Pioneer» от 1 октября 1997 г.  
Москва, Россия <sup>1)</sup>**

СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ

Разработчик первых вычислительных машин в Советском Союзе и основатель советской компьютерной индустрии.

С.А. Лебедев внес основополагающий вклад в становление и развитие вычислительных отраслей науки в бывшем СССР. Им разработаны главные принципы построения и структура универсальных электронных цифровых вычислительных машин, организована работа коллективов разработчиков высокопроизводительных ЭВМ, промышленное производство этих ЭВМ и их внедрение, подготовка кадров.

С.А. Лебедева называют «отцом вычислительной техники» в СССР. Его имя и значимость его научной, организаторской, педагогической и общественной деятельности сопоставима с именами и значимостью деятельности академиков И.В. Курчатова, С.П. Королева, М. В. Келдыша в области атомной энергии и освоения космического пространства. Успехи в этих важнейших областях научно-технического прогресса непосредственно связаны с использованием высокопроизводительных вычислительных машин и систем, разработанных под руководством С. А. Лебедева.

Будущей деятельности С. А. Лебедева в области теории и практики конструирования цифровых ЭВМ предшествовали его выдающиеся работы в области электротехники (в первую очередь, создание теории «искусственной устойчивости» электрических систем и соответствующих автоматических регуляторов) и в области создания и использования средств аналоговой вычислительной техники для автоматизации расчетов режимов работы электрических сетей.

С. А. Лебедев в течение 20 лет возглавлял в Москве Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) Академии наук СССР, в котором им был создан деятельный коллектив и научная школа по разработке самых быстродействующих машин, требующих решения новых сложных проблем. С. А. Лебедев считал, что такие разработки являются главной движущей силой в развитии вычислительной техники.

Ранее при создании С.А. Лебедевым в Киеве (1951) малой электронной счетной машины (МЭСМ) им были проверены на ней фундаментальные принципы построения ЭВМ и конкретные технические решения, накоплен опыт наладки и эксплуатации ЭВМ, программирования алгоритмов важнейших вычислительных задач.

Первой ЭВМ, разработанной под руководством С.А. Лебедева в ИТМ и ВТ (1953 г.) была машина параллельного действия БЭСМ-1 (8-10 тыс. оп./с). БЭСМ-1 послужила основой для создания всех последующих ЭВМ в СССР. Возможности, предоставляемые составом операций БЭСМ-1, в первую очередь операциями над числами «с плавающей запятой» с обеспечением большого диапазона используемых чисел и высокой точности вычислений, позволили решать на ЭВМ крупные научные и производственные задачи.

С.А. Лебедевым были предложены многие решения по распараллеливанию в ЭВМ процесса обработки данных, использованию новых элементов и технологий,

<sup>1)</sup> Перевод с английского языка.

модульности построения вычислительных систем, реализация которых привела к значительному увеличению производительности ЭВМ.

Так, разработанная под руководством С.А. Лебедева ЭВМ М-20 (1958) с производительностью 20 тыс. оп./с имела новые важные структурные особенности — частичное совмещение операций, аппаратную организацию циклов, параллельную работу процессора и устройства вывода информации на печать.

Развитию научной школы С.А. Лебедева существенно способствовали его своевременные публикации и выступления на научных конференциях.

В первой половине 60-х годов С. А. Лебедев организует работу по созданию специализированных быстродействующих ЭВМ, ориентированных на работу в системах реального времени. В этих машинах был реализован ввод в машину информации непосредственно с линий связи.

Выдающимся достижением С. А. Лебедева и возглавляемого им коллектива разработчиков в ИТМ и ВТ стало создание универсальной быстродействующей ЭВМ БЭСМ-6 (1967), превосходившей по производительности (1 миллион операций в секунду) все ЭВМ, разработанные до этого в СССР. Высокая производительность машины определялась как применением высокочастотных полупроводниковых элементов, так и ее новой развитой структурой. Без преувеличения можно сказать, что многие новые принципы, положенные в основу серийной машины БЭСМ-6, предвосхищали то, что сейчас считается обязательным для современных вычислительных систем.

С.А. Лебедев хорошо понимал необходимость совместной работы инженеров и математиков-программистов при создании вычислительных систем.

По его инициативе в ИТМ и ВТ была создана лаборатория математического обеспечения ЭВМ, ее сотрудники были полноправными участниками разработки БЭСМ-6.

Большие возможности машины явились стимулом создания для нее развитого математического обеспечения, позволяющего эффективно ее использовать. Можно сказать, что создание БЭСМ-6 дало мощный импульс широкому развитию работ по созданию математического обеспечения ЭВМ в СССР.

При разработке БЭСМ-6 по инициативе С. А. Лебедева создавались и использовались развитые методы проектирования и описания ЭВМ, в том числе имитационное математическое моделирование работы устройств, способствовавшее выбору оптимальных структурных решений, использование алгебро-логических выражений, что обеспечивало обзорность и простоту понимания схем.

Высказанные С.А. Лебедевым идеи создания многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексов различной организации были реализованы в дальнейшем коллективами разработчиков ИТМ и ВТ. Эти комплексы многие годы успешно использовались и используются для выполнения важнейших работ, в том числе в центрах управления полетами космических аппаратов.

Его основными чертами, как человека, которые отмечают все соприкасавшиеся с ним, были справедливость, доверие, требовательность, доброта и полное отсутствие чувства своего превосходства по отношению к другим.



THE AWARD

The Computer Pioneer Award was established in 1981 by the Board of Governors of the IEEE Computer Society to recognize and honor the vision of those people whose efforts resulted in the creation and continued vitality of the computer industry. The award is presented annually to outstanding individuals whose main contribution to the concepts and development of the computer field was made at least fifteen years earlier.

Until recently, scientists and engineers from Central and Eastern Europe have been underrepresented in this roster. Prior to the recent political changes, we in the West did not have access to the details of the work or the significance of that work in their countries. In order to redress this disparity, the Computer Society mounted a special effort during 1996, as a part of its own 50th anniversary celebration, to identify candidates from Central and Eastern Europe.

The recognition is engraved on the Computer Pioneer medal specially struck for the Society.

*The Board of Governors of the IEEE Computer Society is proud to recognize the following as Computer Pioneers:*

1996

*Sergey Alekseevich Lebedev  
Alexej A. Lyapunov*

COMPUTER PIONEER AWARD SUB-COMMITTEE

John A. N. (JAN) Lee, *Chair* All living  
Computer Pioneer Medalists are members.

## Основные даты жизни и деятельности С. А. Лебедева

- Сергей Алексеевич Лебедев родился 2 ноября 1902 г. в Нижнем Новгороде.
- 1920 г.** Переехал вместе с семьей в Москву.
- 1921 г.** Сдал экстерном экзамены за среднюю школу и поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана на электротехнический факультет.
- 1928 г.** Окончил МВТУ им. Н. Э. Баумана.
- Принят на должность младшего научного сотрудника во Всесоюзный электротехнический институт (ВЭИ) и одновременно в качестве преподавателя в МВТУ. После выделения электротехнического факультета МВТУ в самостоятельный Московский энергетический институт стал преподавателем МЭИ.
- 1929 г.** Опубликовал одну из первых в отечественной литературе статью по устойчивости параллельной работы электростанций.
- 1930 г.** Организовал лабораторию электрических сетей в ВЭИ.
- 1931 г.** Выступил в качестве одного из основных докладчиков на всесоюзной конференции по созданию единой высоковольтной сети СССР.
- 1933 г.** Вышла в свет монография «Устойчивость параллельной работы электрических систем» (соавтор П.С. Жданов).
- 1935 г.** Решением ВАКа утвержден в ученом звании профессора по кафедре «электрические станции и сети».
- 1936—1946 гг.** Заведование отделом автоматики ВЭИ.
- 1938—1940 гг.** Научное руководство разработкой в Теплоэнергопроекте сверхмощной и сверхдальней линии электропередачи Куйбышев—Москва.
- 1939 г.** Защитил докторскую диссертацию по теории искусственной устойчивости энергосистем.
- 1941—1946 гг.** Разработка и создание управляемого оружия, включая самонаводящихся на излучающую или отражающую излучение цели торпед.
- 1941 г.** Решением ВАКа присуждена ученая степень доктора технических наук.
- Эвакуировался вместе с ВЭИ в г. Свердловск (ныне Екатеринбург).
- 1943 г.** Возвратился в Москву.
- Назначен заведующим кафедрой релейной защиты и автоматизации электрических систем МЭИ.
- 1944 г.** Назначен научным руководителем ЦКБ электропривода и автоматики Наркомата электропромышленности СССР.
- 1945 г.** Избран действительным членом Академии наук УССР.
- 1946—1951 гг.** Член Президиума АН УССР и директор Института энергетики АН УССР (с мая 1947 г., после разделения его на два института — Института электротехники АН УССР).
- 1946 г.** Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.».
- Переезд с семьей в Киев.
- 1947 г.** Награжден орденом Трудового Красного Знамени.
- Создал лабораторию № 1 по спецмоделированию и вычислительной технике.
- 1947—1951 гг.** Разработка структуры и основных узлов первой отечественной ЭВМ — Малой электронной счетной машины (МЭСМ) и руководство ее созданием в качестве главного конструктора.
- 1948 г.** Представление доклада на ХП международную конференцию по большим электроэнергетическим системам в Париже.
- 1950 г.** Удостоен Государственной премии СССР за разработку и внедрение устройства компаундирования генераторов электростанций для повышения

- устойчивости энергосистем и улучшения работы электроустановок (совместно с Л.В. Цукерником).
- 1950—1953** гг. Заведующий лабораторией Института точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМ и ВТ АН СССР).
- 1950** г. Назначен главным конструктором быстродействующей электронной счетной машины (БЭСМ).
- Сдана в опытную эксплуатацию первая в СССР и континентальной Европе ЭВМ - МЭСМ.
- 1951** г. Принятие МЭСМ Государственной комиссией.
- Переезд с семьей в Москву.
  - Утверждение Государственной комиссией аванпроекта ЭВМ БЭСМ.
  - Организована кафедра вычислительной техники в Московском физико-техническом институте (МФТИ) во главе с С.А. Лебедевым.
  - Публикация первых в СССР монографий об электронных вычислительных машинах — МЭСМ (в соавторстве с Л.Н. Дашевским и Е. А. Шкабарой) и БЭСМ (в соавторстве с В. А. Мельниковым).
- 1953-1973** гг. Директор ИТМ и ВТ АН СССР.
- 1953-1956** гг. Разработка в ИТМ и ВТ АН СССР под руководством С.А. Лебедева устройств по автоматическому съему данных радиолокационных станций (РЛС), создание в этих целях ЭВМ «Диана-1» и «Диана-2».
- 1953** г. Избран действительным членом Академии наук СССР.
- Принятие Государственной комиссией ЭВМ БЭСМ.
- 1954** г. Награжден орденом Ленина.
- 1955—1959** г. Разработка и создание ЭВМ М-20 и внедрение ее в серийное производство.
- 1955** г. Решение Совета министров СССР о создании опытного образца М-20 и назначении С. А. Лебедева ее генеральным конструктором.
- Выступление с докладом на Международной конференции по электронным вычислительным приборам в Дармштадте.
  - Выступление с докладом на конференции в Праге.
- 1956—1960** гг. Разработка и создание при активном участии С.А. Лебедева первой отечественной системы противоракетной обороны.
- 1956—1958** гг. Разработка и создание ЭВМ М-40 (Главные конструкторы С. А. Лебедев и В.С. Бурцев).
- 1956** г. Присвоено звание Героя Социалистического Труда за проектирование, создание и ввод в эксплуатацию ЭВМ БЭСМ.
- Выступление с докладом об электронных вычислительных машинах на общем собрании АН СССР по проблемам автоматизации производства.
  - Организация и выступление с основным докладом на научной конференции «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения».
  - Выступление с докладом «Современная вычислительная машина» на III Всесоюзном математическом съезде.
- 1957** г. Выступление с докладом на международной конференции в Стокгольме.
- 1958—1960** гг. Разработка и создание ЭВМ М-50 (Главные конструкторы С. А. Лебедев и В.С. Бурцев).
- 1958** г. Сдача в серийное производство ЭВМ БЭСМ-2 (Главный конструктор С.А. Лебедев).
- 1959** г. Вступила в строй ЭВМ М-20.
- Командирован в США в составе делегации ученых для ознакомления с американской электронной вычислительной техникой.

- 1961** г. Первое успешное испытание поражения баллистической ракеты противоракетой.  
— Научная командировка в Индию.
- 1962** г. Награжден орденом Ленина.
- 1964—1968** гг. Создание ЭВМ БЭСМ-6 и внедрение ее в серийное производство (Главный конструктор С.А. Лебедев).
- 1964** г. Создание в ИТМ и ВТ под руководством С. А. Лебедева полупроводниковой ЭВМ БЭСМ-4.  
— Командирован в Великобританию в составе делегации Комитета по координации науки и техники.
- 1965** г. Научная командировка в Японию.
- 1966** г. Присуждена Ленинская премия за работы в области специального точного машиностроения (совместно с коллективом основных участников работы по созданию системы противоракетной обороны).
- 1968** г. Научная командировка в Болгарию.
- 1969** г. Присуждена Государственная премия СССР за разработку и внедрение в производство ЭВМ БЭСМ-6 (совместно с группой сотрудников ИТМ и ВТ АН СССР и завода САМ).
- 1969** г. Создание в ИТМ и ВТ серийной перевозной вычислительной системы для противосамолетного комплекса С-300.
- 1970** г. Командирован в Великобританию для ознакомления с английской электронной вычислительной техникой.
- 1971** г. Награжден орденом Октябрьской революции.
- 1972** г. Награжден орденом Ленина.
- Сергей Алексеевич Лебедев скончался 3 июля 1974 г. в Москве.

## Раздел 2 НАУЧНЫЕ ТРУДЫ И СТАТЬИ С. А. ЛЕБЕДЕВА

### Искусственная устойчивость синхронных машин

Доклад на ХП сессии Международной конференции по большим электрическим сетям <sup>1)</sup>

Статическую устойчивость синхронных машин можно существенно повысить соответствующим автоматическим регулированием возбуждения; при этом обеспечивается устойчивая работа за пределом естественной статической устойчивости, т. е. «искусственная устойчивость».

В докладе приведены результаты теоретического и экспериментального исследования искусственной устойчивости, проведенного в 1937-1939 гг. Всесоюзным электротехническим институтом, и дальнейшее развитие этого вопроса.

Рассмотрены случаи пропорционального регулирования без зоны нечувствительности по напряжению генератора, по току генератора и по отклонению угла оси ротора генератора. Показано, что каждый из этих методов регулирования может обеспечить искусственную устойчивость. В первом приближении о статической устойчивости синхронных машин, снабженных такими системами автоматического регулирования, можно судить исходя из условия, что в каждый рассматриваемый момент э. д. с. за переходными реактансами остается постоянной, т. е. эквивалентными реактансами генераторов в продольной оси являются их переходные реактансы. Выведены условия, которым должны удовлетворять коэффициенты усиления систем автоматического регулирования. Рассмотрено влияние отдельных факторов. Проведен анализ регулирования по отклонению и его первой производной. Установлено, что введение в закон регулирования первой производной от отклонения нецелесообразно при реальных величинах постоянной времени возбудителя и что неучет последней может привести к ошибочным выводам.

На ряде расчетов для конкретных примеров показано существенное увеличение предельной мощности, получаемое за счет искусственной устойчивости. Теоретический анализ подтвержден экспериментами на генераторе 50 000 кВт.

Системы автоматического регулирования по напряжению (электронно-ионные регуляторы напряжения) и по току (системы компаундирования синхронных машин) получили широкое применение в энергосистемах Советского Союза и полностью оправдали себя в эксплуатации.

**Введение.** В ряде случаев энергосистемы работают вблизи предела статической устойчивости. Особенно это относится к передачам энергии на большие расстояния. Существенное увеличение статической устойчивости может быть достигнуто посредством соответствующего автоматического регулирования возбуждения синхронных машин. Теоретическое и экспериментальное исследование, проведенное Всесоюзным электротехническим институтом в 1937-1939 гг., показало, что при наличии регуляторов непрерывного действия (без зоны нечувствительности) можно обеспечить

<sup>1)</sup> Конференция проходила в Париже 24 июня - 3 июля 1948 г. Доклад опубликован Госэнергоиздатом. — М., 1948.58

устойчивую работу синхронных машин (без качаний) за пределом их естественной статической устойчивости. Такой режим работы, когда система, неустойчивая при отсутствии автоматического регулирования, становится устойчивой при наличии последнего, назван «искусственной устойчивостью». В первом приближении при пропорциональном регулировании возбуждения без зоны нечувствительности предел устойчивой работы определяют, исходя из условия, что в каждый рассматриваемый момент э. д. с. за переходным реактансом ( $E'_d$ ) остается постоянной, в то время как при отсутствии автоматического возбуждения предел статической устойчивости определяют, исходя из постоянства э. д. с. за синхронным реактансом ( $E_d$ ). Обычные регуляторы напряжения с зоной нечувствительности не могут обеспечить спокойного режима без качаний в зоне искусственной устойчивости.

Опыты по искусственной устойчивости, проведенные в энергосистеме на генераторе 50 000 кВт, полностью подтвердили результаты исследований. На основании этих данных были разработаны системы автоматического регулирования, получившие широкое применение в энергосистемах Советского Союза и полностью оправдавшие себя в эксплуатации.

**Основные уравнения.** При рассмотрении вопросов статической устойчивости можно ограничиться рассмотрением небольших отклонений от положений равновесия, т. е. линеаризировать задачу.

Дифференциальные уравнения переходных процессов будут иметь следующий вид:

$$(Mp^2 + P_d p)\Delta\delta = -\Delta P, \quad (1)$$

$$T_0 p \Delta E'_d = \Delta E_{d_e} - \Delta E_d, \quad (2)$$

$$(T_e p + 1)\Delta E_{d_e} = \Delta e. \quad (3)$$

Уравнение (1) описывает переходный процесс движения ротора генератора, уравнение (2) — переходный процесс в обмотке возбуждения генератора, уравнение (3) — переходный процесс в возбудителе.

При работе генератора на шины бесконечной мощности через некоторую передачу малые отклонения избытка мощности AP можно выразить через частные производные следующим образом:

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial E_d} \Delta E_d + \frac{\partial P}{\partial \delta} \Delta \delta_{E_d=\text{const}} = P_{E_d} \Delta E_d + S_{E_d} \Delta \delta, \quad (4)$$

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial E'_d} \Delta E'_d + \frac{\partial P}{\partial \delta} \Delta \delta_{E'_d=\text{const}} = P_{E'_d} \Delta E'_d + S_{E'_d} \Delta \delta. \quad (5)$$

Решая совместно уравнения (1)—(5), получим:

$$\left\{ p^4 + \left( \frac{1}{T'_d} + \frac{1}{T_e} + \frac{P_d}{M} \right) p^3 + \left[ \frac{1}{T'_d T_e} + \frac{P_d}{M} \left( \frac{1}{T'_d} + \frac{1}{T_e} \right) + \frac{S_{E'_d}}{M} \right] p^2 + \right. \\ \left. + \frac{1}{M} \left[ \frac{S_{E'_d}}{T_e} + \frac{S_{E_d}}{T_d} + \frac{P_d}{T_e T'_d} \right] p + \frac{S_{E_d}}{M T'_d T_e} \right\} \Delta \delta = -\frac{P_{E_d} \Delta e}{M T'_d T_e}. \quad (6)$$

Для пропорционального регулирования возбуждения синхронных машин могут быть использованы отклонения отдельных величин, изменяющихся с изменением режима работы. Такими величинами могут явиться: напряжение на зажимах машины,

ток машины, угол отклонения оси ротора. Соответственно законы регулирования будут:

$$\Delta e = -K_U \Delta U, \quad (7a)$$

$$\Delta e = K_I \Delta I, \quad (7b)$$

$$\Delta e = K_\delta \Delta \delta. \quad (7c)$$

Отклонения  $\Delta U$  и  $\Delta I$  можно выразить через отклонение  $\Delta \delta$  следующим образом:

$$\Delta U = \frac{\Delta P - S_U \Delta \delta}{P_U} = -\frac{(Mp^2 + P_d p + S_U)}{P_U} \Delta \delta, \quad (8a)$$

$$\begin{aligned} \Delta I &= \frac{I_{E_d}}{P_{E_d}} \left( \Delta P - S_{E_d} \Delta \delta + I_\delta \frac{P_{E_d}}{I_{E_d}} \Delta \delta \right) = \\ &= -\frac{I_E}{P_{E_d}} \left( Mp^2 + P_d p + S_{E_d} - \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} \right) \Delta \delta. \end{aligned} \quad (8b)$$

Подставляя эти значения в уравнение регулирования (7) и затем в уравнение переходного процесса (6), получим:

$$Z(p) \Delta \delta = (p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4) \Delta \delta = 0. \quad (9)$$

Значение коэффициентов характеристического уравнения для различных способов регулирования дано в табл. 1.

**Устойчивость при безинерционном возбудителе и отсутствии демпферного действия.** Физическую сущность искусственной устойчивости проще всего уяснить, рассматривая случай безинерционного возбудителя ( $T_e = 0$ ) и отсутствия демпферного действия ( $P_d = 0$ ). В этом случае характеристическое уравнение (9) вырождается в уравнение 3-го порядка:

$$Z(p) \Delta \delta = (p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3) \Delta \delta = 0. \quad (10)$$

Значения коэффициентов его при различных способах регулирования даны в табл. 2.

Для характеристического уравнения 3-го порядка условия устойчивости будут:

$$a_1, a_2, a_3 > 0; \quad (11a)$$

$$a_1 a_2 - a_3 > 0. \quad (11b)$$

Из этих условий следует, что для всех способов регулирования необходимым условием устойчивости является

$$S_{E_d}' > 0. \quad (12)$$

Кроме того, на величину приведенных коэффициентов усиления накладываются определенные ограничения, а именно:

$$K'_{\min} < K' < K'_{\max}. \quad (13)$$

Значения  $K'_{\min}$  и  $K'_{\max}$  для различных способов регулирования приведены в табл. 3.

Несмотря на различные выражения для предельных значений приведенных коэффициентов усиления при различных способах регулирования, неравенство (13)

<sup>1)</sup> При отсутствии автоматического регулирования предел устойчивости определяется условием  $S_{E_d} > 0$ .

Таблица 1

Значения коэффициентов характеристического уравнения при различных способах регулирования

Коэф-ты	Регулирование по напряжению	Регулирование по току	Регулирование по углу	Значения $a_{10}, a_{20}, a_{30}, a_{40}$
$a_1$	$a_{10}$	$a_{10}$	$a_{10}$	$a_{10} = \frac{1}{T'_d} + \frac{1}{T_e} + \frac{P_d}{M}$
$a_2$	$a_{20} + \frac{K'_U}{T'_d T_e}$	$a_{20} - \frac{K'_I}{T'_d T_e}$	$a_{20}$	$a_{20} = \left[ \frac{1}{T'_d T_e} + \frac{P_d}{M} \left( \frac{1}{T'_d} + \frac{1}{T_e} \right) + \frac{S_{E'_d}}{M} \right]$
$a_3$	$a_{30} + \frac{K'_U P_d}{M T'_d T_e}$	$a_{30} - \frac{K'_I P_d}{M T'_d T_e}$	$a_{30}$	$a_{30} = \frac{1}{M} \left[ \frac{S_{E'_d}}{T_e} + \frac{S_{E_d}}{T'_d} + \frac{P_d}{T'_d T_e} \right]$
$a_4$	$a_{40} + \frac{K'_U S_U}{M T'_d T_e}$	$a_{40} + \frac{K'_I}{M T'_d T_e} \left( \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} - S_{E_d} \right)$	$a_{40} + \frac{K'_\delta}{M T'_d T_e}$	$a_{40} = \frac{S_{E_d}}{M T'_d T_e}$

Таблица 2

Значения коэффициентов характеристического уравнения при различных способах регулирования для случая  $T_e = 0; P_a = 0$ 

Коэф-ты	Регулирование по напряжению	Регулирование по току	Регулирование по углу	Значения $a_{10}, a_{20}, a_{30}$
$a_1$	$a_{10} + \frac{K'_U}{T'_d}$	$a_{10} - \frac{K'_I}{T'_d}$	$a_{10}$	$a_{10} = \frac{1}{T'_d}$
$a_2$	$a_{20}$	$a_{20}$	$a_{20}$	$a_{20} = \frac{S_{E'_d}}{M}$
$a_3$	$a_{30} + \frac{K'_U S_U}{M T'_d}$	$a_{30} + \frac{K'_I}{M T'_d} \left( \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} - S_{E_d} \right)$	$a_{30} + \frac{K'_\delta}{M T'_d}$	$a_{30} = \frac{S_{E_d}}{M T'_d}$

имеет один и тот же физический смысл. Определим приращение мощности в зависимости от изменения угла  $\Delta\delta_\infty$  при установившемся состоянии для двух

Таблица 3

**Предельные значения приведенных коэффициентов усиления  
для случая  $T_e = 0$ ;  $P_d = 0$**

Коэф-ты	Регулирование по напряжению	Регулирование по току <sup>1)</sup>	Регулирование по углу
$K'_{\min}$	$-\frac{S_{E_d}}{S_U}$	$\frac{-S_{E_d}}{\frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} - S_{E_d}}$	$-S_{E_d}$
$K'_{\max}$	$\frac{S_{E'_d} - S_{E_d}}{S_U - S_{E'_d}}$	$\frac{S_{E'_d} - S_{E_d}}{S_{E'_d} - S_{E_d} + \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}}}$	$S_{E'_d} - S_{E_d}$

крайних случаев неравенства (13). Используя уравнения (4), (7), (8), полагая в них  $\Delta E_{d\infty} = \Delta e_\infty$  и взяв предельные значения приведенных коэффициентов усиления из табл. 3, получим вместо неравенства (13) следующее:

$$0 < \Delta P_\infty < S_{E'_d} \Delta\delta. \quad (14)$$

Таким образом, при безинерционном возбудителе и отсутствии демпферного действия закон регулирования получается общий, вне зависимости от того, по какому параметру оно ведется, а именно: изменение возбуждения должно быть достаточным, чтобы с увеличением угла возрастала активная мощность в установившемся режиме с учетом регулирования.

Это требование вполне естественно и очевидно. С другой стороны, рост активной мощности с углом не должен превосходить определенной величины, соответствующей ее возрастанию при постоянстве э. д. с. за продольным переходным реактансом  $-(S_{E'_d} \Delta\delta)$ . Несоблюдение последнего условия приводит к самораскачиванию.

Нетрудно убедиться, что при  $S_{E'_d} = 0$  оба предельных значения для коэффициентов усиления получаются одинаковыми, что непосредственно следует также из неравенства (14).

**Влияние постоянной времени возбудителя, демпферного действия и насыщения.** Для характеристического уравнения (9) условия устойчивости будут:

$$a_1; a_2; a_3; a_4 > 0, \quad (15a)$$

$$(a_1 a_2 - a_3) a_3 - a_1^2 a_4 > 0. \quad (15b)$$

При отсутствии демпферного действия ( $P_d = 0$ ) неравенства (15a) приводят к следующему условию для всех способов регулирования:

$$S_{E'_d} > -\frac{T_e}{T'_d} S_{E_d}. \quad (16)$$

Сравнивая это неравенство с неравенством (12) при безинерционном возбудителе, можно заключить, что постоянная времени возбудителя несколько уменьшает предельный угол, при котором еще обеспечивается искусственная устойчивость. Обычно  $T_e$  значительно меньше  $T'_d$ , и это условие может дать сравнительно незначительное уменьшение предельной мощности.

<sup>1)</sup> Неравенство  $K'_I < 1$  всегда соблюдается, если соблюдены основные неравенства (13).

Ограничения, накладываемые на величину приведенных коэффициентов усиления, имеют тот же вид, что и при безинерционном возбудителе [неравенство (13)], т.е.

$$K'_{min} < K' < K'_{max}. \quad (17)$$

Значения  $K'_{min}$  получаются теми же, что и при безинерционном возбудителе, и соответствуют левой части неравенства (14), т.е. чтобы мощность в установившемся режиме возрастала с увеличением угла (Д-Р,» > 0).

Значения  $K'_{max}$  для различных способов регулирования приведены в табл. 4.

При наличии демпферного действия режим, при котором еще может быть обеспечена искусственная устойчивость, определяется неравенствами:

при регулировании по напряжению

$$S_{E'_d} > - \left[ \frac{T_e}{T'_d} S_{E_d} + \frac{P_d}{T'_d} (1 + K'_U) \right]; \quad (18a)$$

при регулировании по току

$$S_{E'_d} > - \left[ \frac{T_e}{T'_d} S_{E_d} + \frac{P_d}{T'_d} (1 - K'_I) \right]; \quad (18b)$$

при регулировании по углу

$$S_{E'_d} > - \left[ \frac{T_e}{T'_d} S_{E_d} + \frac{P_d}{T'_d} \right]. \quad (18c)$$

В зависимости от того, что преобладает, постоянная времени возбудителя или демпферное действие, предельное значение  $S_{E'_d}$  может получиться больше или меньше нуля. Практически предельная мощность мало отличается от своего значения, когда  $S_{E'_d} = 0$ .

Минимальные значения коэффициентов усиления получаются теми же, что и в предыдущих случаях, и соответствуют условию  $\Delta P_\infty > 0$ . Максимальные значения коэффициентов усиления могут быть получены из неравенства (15b). Ввиду громоздкости их выражений они здесь не приводятся.

Анализ влияния насыщения на условия искусственной устойчивости показал, что основные уравнения, определяющие условия искусственной устойчивости, остаются по своей структуре без изменения. Необходимо лишь все величины подставлять с учетом насыщения, заменяя характеристики генератора и возбудителя касательными в рабочей точке.

Для количественной оценки влияния отдельных факторов на величину максимально допустимого коэффициента усиления на рис. 2-4 приведены результаты расчетов для одного конкретного случая передачи энергии (рис. 1).

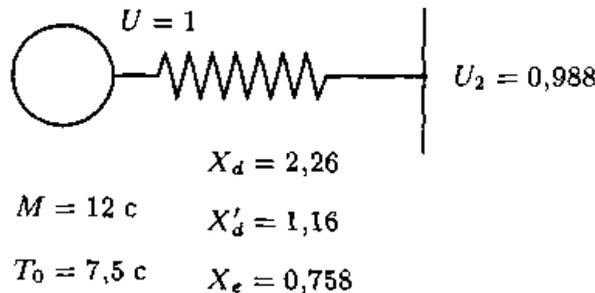


Рис. 1. Схема передачи

Максимально допустимые значения приведенных коэффициентов усиления  $K'_m$  для случая  $T_e \neq 0$  и  $P_d = 0$  Таблица 4

Регулирование по напряжению	Регулирование по току	Регулирование по углу
$\frac{K'_{U_0} \left[ 1 + \frac{T_e^2 (T'_d S_{E'_d} + T_e S_{E_d})}{M (T_e + T'_d)} \right]}{1 + \frac{T_e (S_U - S_{E_d})}{T'_d (S_U - S_{E'_d})}}$	$\frac{(S_{E'_d} - S_{E_d}) \left[ 1 + \frac{T_e^2 (T'_d S_{E'_d} + T_e S_{E_d})}{M (T_e + T'_d)} \right]}{S_{E'_d} - S_{E_d} + \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} \left( 1 + \frac{T_e}{T'_d} \right)}$	$\frac{K'_{\delta_0} \left[ 1 + \frac{T_e^2 (T'_d S_{E'_d} + T_e S_{E_d})}{M (T_e + T'_d)} \right]}{1 + \frac{T_e}{T'_d}}$
$K'_{U_0}$ и $K'_{\delta_0}$ — значения приведенных коэффициентов $K'_{\max}$ при $T_e = 0$		

Значения коэффициентов характеристического уравнения при различных способах регулирования по отклонению и скорости Таблица 5

Кэф-ты	Регулирование по напряжению	Регулирование по току	Регулирование по углу
$a_1$	$a_{10} + \frac{K'_U}{T'_d T_e}$	$a_{10} - \frac{K'_I}{T'_d T_e}$	$a_{10}$
$a_2$	$a_{20} + \frac{K'_U}{T'_d T_e} + \frac{K'_U P_d}{M T'_d T_e}$	$a_{20} - \frac{K'_I}{T'_d T_e} - \frac{K'_I P_d}{M T'_d T_e}$	$a_{20}$
$a_3$	$a_{30} + \frac{K'_U P_d}{M T'_d T_e} + \frac{K'_U S_U}{M T'_d T_e}$	$a_{30} - \frac{K'_I P_d}{M T'_d T_e} + \frac{K'_I}{M T'_d T_e} \left( \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} - S_{E_d} \right)$	$a_{30} + \frac{K'_\delta}{M T'_d T_e}$
$a_4$	$a_{40} + \frac{K'_U S_U}{M T'_d T_e}$	$a_{40} + \frac{K'_I}{M T'_d T_e} \left( \frac{I_\delta P_{E_d}}{I_{E_d}} - S_{E_d} \right)$	$a_{40} + \frac{K'_\delta}{M T'_d T_e}$
Выражения для $a_{10}$ ; $a_{20}$ ; $a_{30}$ и $a_{40}$ те же, что и в табл. 1			

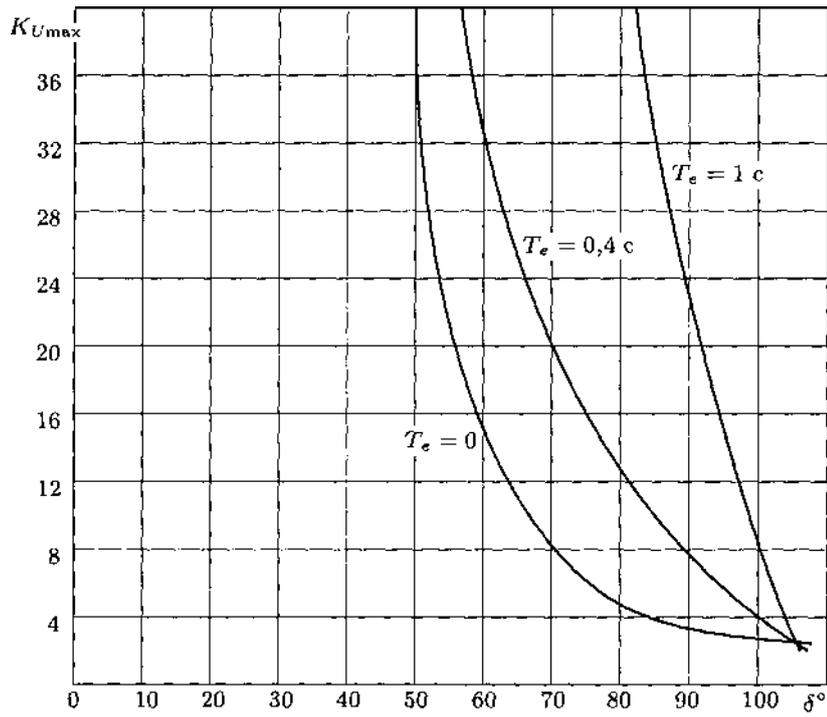


Рис. 2. Значение предельного коэффициента усиления при регулировании по напряжению

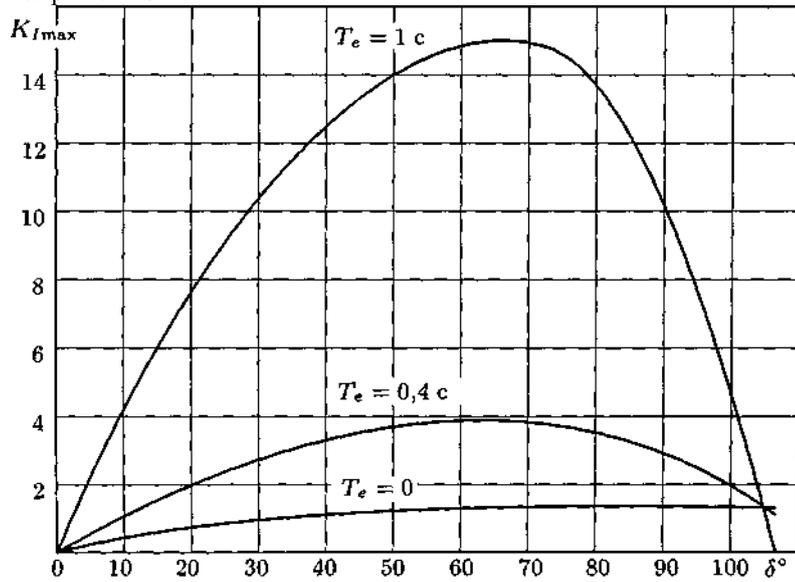


Рис. 3. Значение предельного коэффициента усиления при регулировании по току

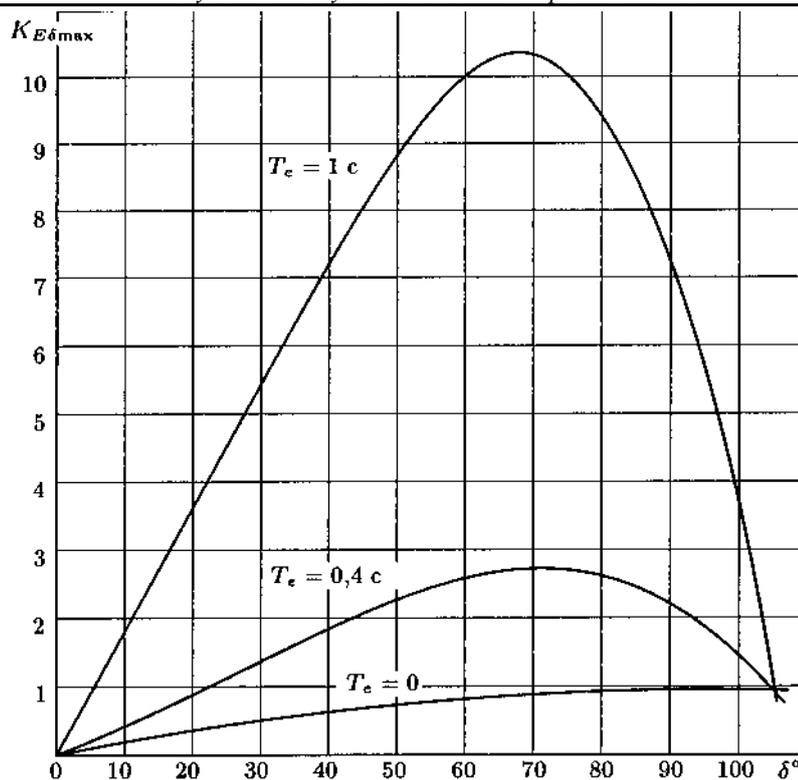


Рис. 4. Значение предельного коэффициента усиления при регулировании по углу

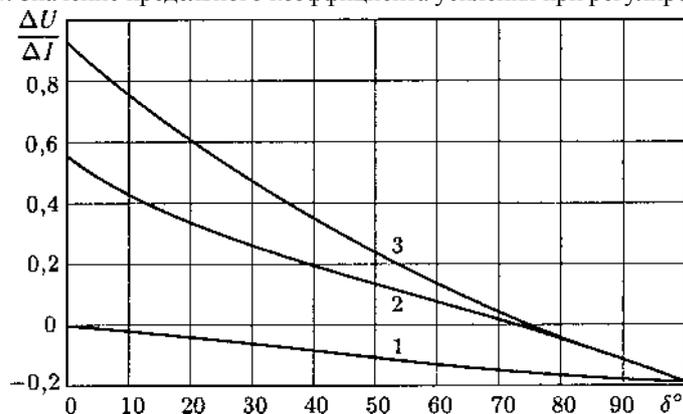


Рис. 5. Значения коэффициента статизма при различных способах регулирования: 1 — регулирование по напряжению; 2 — регулирование по току; 3 — регулирование по углу

Из кривых видно, что увеличение постоянной времени возбудителя повышает величину допустимого коэффициента усиления. Это обстоятельство имеет существенное значение для случая регулирования по отклонению напряжения. Чем больше будет коэффициент усиления системы регулирования, тем точнее будет поддержи-

ваться напряжением, т. е. тем меньше будет статизм регулятора. Увеличение эквивалентной постоянной времени можно получить, применяя гибкую обратную связь от напряжения возбудителя. Это мероприятие практически используется в электронно-ионных регуляторах напряжения.

При регулировании по отклонению тока или угла не всегда можно увеличивать коэффициент усиления, так как при этом может получиться недопустимое повышение напряжения при изменении режима работы. О степени изменения напряжения с изменением режима работы генератора можно судить по величине коэффициента статизма, т. е.  $\Delta U/\Delta I$ . Чем меньше абсолютная величина коэффициента статизма, тем точнее поддерживается напряжение генератора.

На рис. 5 приведены значения коэффициентов статизма при различных способах регулирования для рассмотренного случая. Из кривых видно, что при регулировании по отклонению тока или угла величины коэффициентов статизма недопустимо велики. Снижение коэффициента усиления уменьшит подъем напряжения при малых нагрузках, зато сильно увеличит посадку напряжения при больших нагрузках, и эффективность в отношении повышения статической устойчивости в значительной мере пропадет.

Для устранения этого недостатка необходимо вводить в систему регулирования нелинейные цепи или же прибегать ко вторичным регуляторам напряжения, как об этом будет сказано ниже (корректоры напряжения для компаундированных генераторов).

**Регулирование по отклонению и производным.** Регулирование возбуждения можно вести не только по отклонению напряжения, тока или угла, но также и по скорости их изменения, т. е. законы регулирования будут:

$$\Delta e = -(K_U + K_{\dot{U}}p) \Delta U, \quad (19a)$$

$$\Delta e = (K_I + K_{\dot{I}}p) \Delta I, \quad (19b)$$

$$\Delta e = (K_{\delta} + K_{\dot{\delta}}p) \Delta \delta. \quad (19c)$$

Используя уравнения (8) и (6), получим характеристическое уравнение

$$Z(p) \Delta \delta = (p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4) \Delta \delta = 0. \quad (20)$$

Значения коэффициентов характеристического уравнения для различных способов регулирования даны в табл. 5.

Разберем условия устойчивости для случая регулирования по углу и скорости его изменения.

Из неравенств (15a) и (15b) имеем:

$$S_{E_d'} > -\frac{M}{T_d' T_e}, \quad (21a)$$

$$S_{E_d'} > -S_{E_d} \frac{T_e}{T_d'} - \frac{K_{\delta}'}{T_d'}, \quad (21b)$$

$$K_{\delta}' > -S_{E_d}, \quad (21c)$$

$$\begin{aligned} & [T_e(S_{E_d'} - S_{E_d}) - K_{\delta}'] [S_{E_d'} T_d' + S_{E_d} T_e + K_{\delta}'] + \\ & + \frac{M(T_e + T_d')}{T_e T_d'} [(S_{E_d'} - S_{E_d}) T_d' + K_{\delta}' - (T_e + T_d') K_{\delta}'] > 0. \quad (21d) \end{aligned}$$

Неравенство (21 а) показывает, что увеличение предельного угла при практических значениях  $T_e$  весьма незначительно по сравнению со случаем регулирования лишь по одному отклонению угла ( $M$ ,  $T'_d$ ,  $T_e$  выражены в радианах, и величина  $\frac{M}{T_e T'_d}$  весьма мала). Неравенство (21 d) должно удовлетворяться во всем диапазоне работы генератора. Анализ показывает, что это может быть осуществлено лишь при очень малых значениях постоянной времени возбудителя  $T_e$  (порядка сотых долей секунды).

Следует отметить, что если пренебречь постоянной времени возбудителя, то можно получить неправильные выводы. Действительно, в этом случае условия устойчивости будут:

$$K'_{\delta} > -S_{E'd} T'_d, \quad (22a)$$

$$K'_{\delta} > -S_{Ed}, \quad (22b)$$

$$S_{E'd} - S_{Ed} - K'_{\delta} + K'_{\delta}/T_d > 0. \quad (22c)$$

При достаточно больших значениях  $K'_{\delta}$  и  $K'_{\delta}$  эти неравенства будут удовлетворены практически при всех углах  $\delta$  и увеличение коэффициента  $K'_{\delta}$  всегда улучшает устойчивость. Как было указано ранее, более детальный анализ показывает ошибочность этих выводов.

Аналогичным образом можно показать, что при регулировании по напряжению или току введение в закон регулирования первой производной от этих величин дает улучшение лишь в случае очень малой величины постоянной времени возбудителя.

**Увеличение предельной мощности при искусственной устойчивости.** Приведенный выше анализ показывает, что при искусственной устойчивости предельный режим с достаточной для практики точностью получается, когда  $S_{Ed} = 0$ . Для одного конкретного примера, при изменении постоянной времени возбудителя от 0 до 1 с, предельная мощность понизилась лишь на 2 %. Поэтому в приведенных ниже расчетах уменьшение предельной мощности за счет постоянной времени возбудителя не учитывалось.

На рис. 6 приведена зависимость значения предельной мощности от длины линии передачи. За базисную мощность взята естественная мощность линии. Напряжения по концам линии равны 1. Пунктирные кривые относятся к случаю отключения одной из цепей двухцепной линии (базисная мощность — естественная мощность двух цепей). На рис. 7 даны значения предельной мощности для случая компенсации емкости линии дросселями. Величина дросселей выбиралась такой, чтобы при передаче естественной мощности коэффициент мощности генератора был равен 0,9. При отключении одной цепи отключается и соответствующий дроссель.

Приведенные данные показывают, что за счет искусственной устойчивости получается существенное увеличение предельной мощности по сравнению с величиной, которая имеет место при обычном автоматическом регулировании напряжения ( $P_i$  на рис. 6-7).

На рис. 8 приведена более сложная схема системы, для которой были произведены расчеты статической устойчивости, сведенные в табл. 6.

Результаты этих расчетов также показывают существенное увеличение предельной мощности за счет искусственной устойчивости.

**Практические системы автоматического регулирования, обеспечивающие искусственную устойчивость.** После лабораторной проверки искусственной устойчивости в 1937 г. были проведены опыты с генератором 50000 кВт в одной

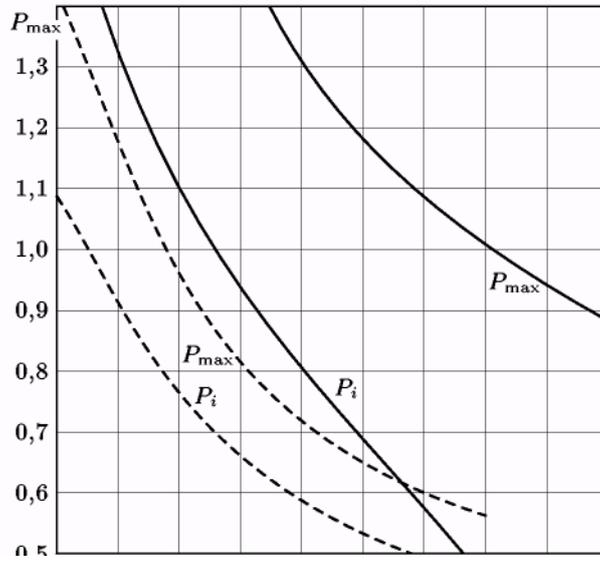


Рис. 6. Значения предельной мощности для некомпенсированной линии. Пунктир — для случая отключения одной из двух цепей

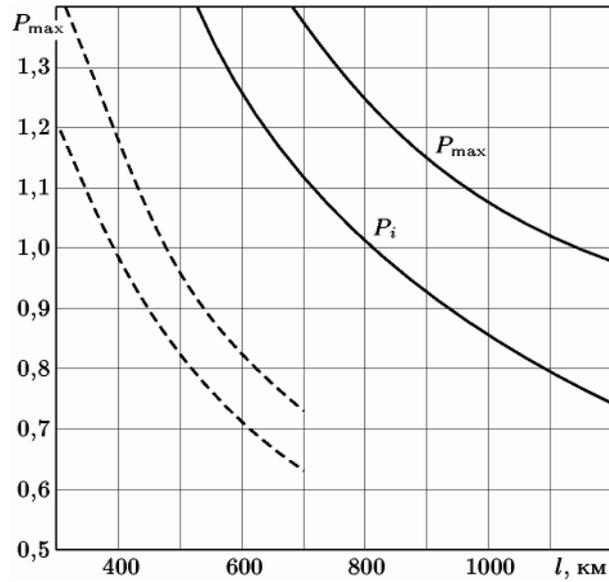


Рис. 7. Значения предельной мощности для компенсированной линии. Пунктирные кривые (верхняя —  $P_{\max}$ , нижняя —  $P_i$ ) — для случая отключения одной из двух цепей

Таблица 6

## Результаты расчетов статической устойчивости

Режим	Предельная мощность в долях от нормальной	
	без электронных регуляторов	с электронными регуляторами
Нормальный режим	1,05	1,43
Выход одного участка цепи <i>a-b</i>	Неустойчива	1,34
Выход одного участка цепи <i>c-d</i>	1,02	1,38

из систем. В качестве регулятора был применен электронный регулятор напряже-

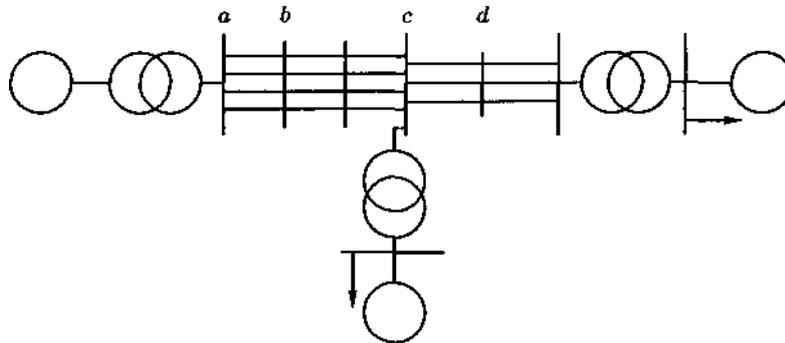


Рис. 8. Схема системы

ния, специально разработанный для этой цели. В первой серии опытов генератор, работавший через длинную линию, постепенно нагружался активной мощностью. Опыты производились без регулятора и с электронным регулятором напряжения (рис.9). В последнем случае был достигнут угол  $98^\circ$ , причем генератор работал вполне спокойно без качаний. Дальнейшее увеличение мощности лимитировалось перегрузкой статора. Во второй серии опытов при постоянной активной мощности уменьшалось напряжение генератора путем изменения уставки электронного регулятора напряжения. При этом был достигнут угол  $118^\circ$  (рис.9) при спокойной работе генератора. Дальнейшее снижение напряжений лимитировалось перегрузкой статора.

Эти опыты полностью подтвердили возможность спокойной работы генератора в области искусственной устойчивости. Успешный опыт эксплуатации первых образцов электронных регуляторов напряжения, разработанных Всесоюзным электротехническим институтом, обеспечил им широкое применение в энергосистемах Советского Союза.

Автоматическое регулирование возбуждения генераторов по отклонению тока было практически реализовано системой компаундирования синхронных машин, разработанной Институтом энергетики Академии наук Украинской ССР. Система компаундирования синхронных машин (рис. 10), использующая твердые выпрямители и не имеющая движущихся частей, является весьма надежной и дает пропорциональное регулирование возбуждения без зоны нечувствительности, необходимое для режима искусственной устойчивости. Эти качества обеспечили системе компаундирования широкое внедрение на электростанциях Советского Союза.

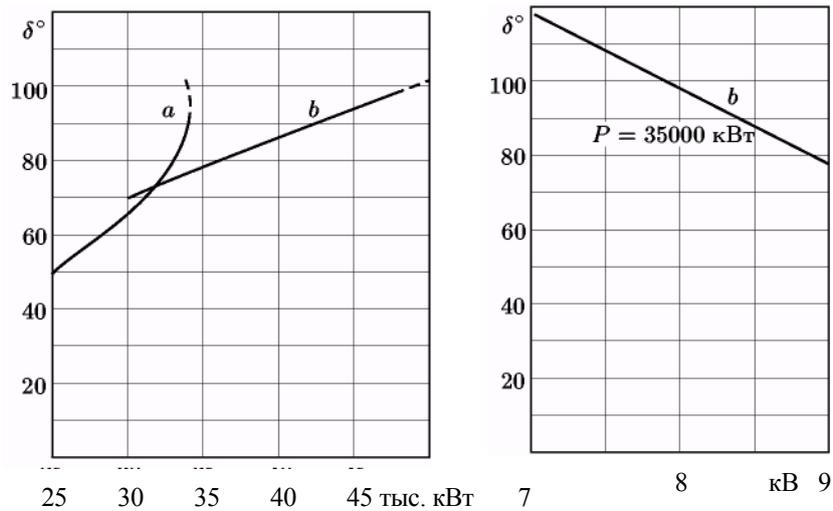


Рис. 9. Результаты испытаний генератора 50000 кВт: а— без регулятора; б— с электронным регулятором

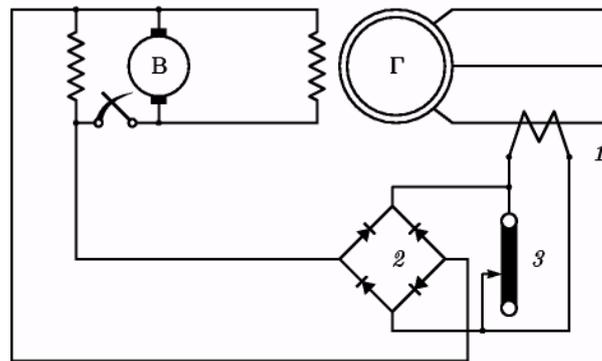


Рис. 10. Принципиальная схема системы компаундирования: 1 — трансформатор тока; 2 — твердые выпрямители; 3 — шунтирующее сопротивление

Некоторым недостатком системы компаундирования, как указывалось выше, является то, что она не обеспечивает достаточно точного поддержания напряжения при изменениях режима работы и дает малую форсировку возбуждения при удаленных коротких замыканиях. Для устранения этого недостатка были разработаны специальные регуляторы напряжения для компаундированных синхронных генераторов (корректоры напряжения). Небольшая мощность, требующаяся от таких регуляторов, позволила значительно упростить их конструкцию.

Автоматическое регулирование возбуждения генераторов по отклонению угла в энергосистемах Советского Союза практического применения не получило, так как требующаяся при этом аппаратура значительно сложнее, а результаты достигаются те же, что и при регулировании по отклонению напряжения или тока.

**Выводы.** Соответствующее непрерывное (без зоны нечувствительности) и пропорциональное автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин обеспечивает устойчивую работу последних за пределом естественной устойчивости, т. е. искусственную устойчивость. Обеспечение искусственной устойчивости суще-

ственно увеличивает предельную мощность электропередач. Для целей автоматического регулирования можно использовать отклонения напряжения генератора, или тока генератора, или угла оси ротора генератора.

Все эти методы регулирования при правильном выборе параметров дают одинаковый предельный по устойчивости режим. В первом приближении, достаточном для практики, предельный режим определяется, исходя из условия, что производная активной мощности по углу оси ротора, вычисленная при постоянстве э. д. с. за переходным реактансом, равна нулю  $S_{E'_d} = 0$ . Это эквивалентно тому, что при правильно выбранных параметрах систем автоматического регулирования возбуждения синхронных машин статическую устойчивость можно определять исходя из условия постоянства э. д. с. за переходными реактансами, т. е. эквивалентными реактансами генераторов в продольной оси являются их переходные реактансы.

Для обеспечения искусственной устойчивости коэффициенты усиления систем автоматического регулирования должны быть больше определенной величины  $K_{\min}$  и не должны превосходить максимального значения  $K_{\max}$ . Выражения для  $K_{\min}$  и  $K_{\max}$  для различных способов регулирования приведены в табл. 3 и 4.

Увеличение постоянной времени возбудителя повышает величину  $K_{\max}$ , что желательнее при регулировании по отклонению напряжения, так как при этом обеспечивается более точное поддержание постоянства напряжения. Увеличение эквивалентной постоянной времени возбудителя в электронно-ионных регуляторах напряжения производится посредством гибкой обратной связи от напряжения возбудителя. При регулировании по отклонению тока или угла коэффициенты усиления, требующиеся для обеспечения искусственной устойчивости, могут привести к недопустимо большому отклонению напряжения при изменении режима работы. Для устранения этого недостатка следует устанавливать вторичные регуляторы напряжения (корректоры напряжения).

Введение в закон регулирования первой производной от отклонения нецелесообразно при реальных величинах постоянных времени возбудителя. Неучет последней может привести к ошибочным выводам. Эксперименты, проведенные на генераторе 50 000 кВт, подтвердили результаты теоретического анализа. Надежность работы реальных систем регулирования, обеспечивающих искусственную устойчивость (электронно-ионные регуляторы напряжения и системы компаундирования синхронных машин), установлена опытом их эксплуатации в энергосистемах Советского Союза, где они получили широкое применение.

#### Принятые обозначения.

$P$  — мощность в относительных единицах;

$$S_{E_d} = \frac{\partial P}{\partial \delta} (E_d = \text{const}); \quad S_{E'_d} = \frac{\partial P}{\partial \delta} (E'_d = \text{const}); \quad S_U = \frac{\partial P}{\partial \delta} (U = \text{const});$$

$$P_{E_d} = \frac{\partial P}{\partial E_d} (\delta = \text{const}); \quad P_{E'_d} = \frac{\partial P}{\partial E'_d} (\delta = \text{const}); \quad P_U = \frac{\partial P}{\partial U} (\delta = \text{const});$$

$E_d$  — э. д. с. холостого хода генератора;

$E'_d$  — э. д. с. за переходным реактансом генератора;

$U$  — напряжение генератора;

$U_2$  — напряжение шин бесконечной мощности;

$E_{d_e}$  — э. д. с. возбудителя;

$e$  — напряжение на обмотке возбуждения возбудителя;

$M$  — постоянная инерции генератора в радианах;

$P_d$  — коэффициент демпферного действия в относительных единицах;

$\delta$  — угол между  $E_d$  и  $U_2$ ;

$T_0$  — постоянная времени обмотки возбуждения генератора при разомкнутом статоре в радианах:

$$T'_d = T_0 \frac{P_{E_d}}{P'_{E_d}};$$

$T_e$  — постоянная времени обмотки возбуждения возбудителя в радианах;

$K_U$ ;  $K_I$ ;  $K_\delta$  — коэффициенты усиления систем регулирования по напряжению, току и углу соответственно;

$K'_U = K_U(P_{E_d}/P_U)$ ,  $K'_I = K_I I_{E_d}$ ,  $K'_\delta = K_\delta P_{E_d}$  — приведенные коэффициенты усиления;

$I$  — ток генератора;

$$I_\delta = \frac{\partial I}{\partial \delta} \quad (E_d = \text{const}); \quad I_{E_d} = \frac{\partial I}{\partial E_d} \quad (\delta = \text{const}); \quad p = \frac{d}{dt} \text{ — оператор};$$

$t$  — время в радианах ( $t_{\text{рад}} = 314t_c$ ).

Постоянные времени и инерции в радианах равны постоянным в секундах, умноженным на  $2\pi f$ .

#### Список литературы

1. Лебедев С. А. Анализ искусственной устойчивости генераторов // Электричество. 1938. № 4.
2. Сазанов П. И. Экспериментальное исследование статической и искусственной устойчивости в электросистемах // Электричество. 1938. № 4.
3. Герценберг Г. Р. Электронно-ионный регулятор напряжения для машин переменного тока // Электричество. 1938. № 4.
4. Лебедев С. А. Исследование искусственной устойчивости, Труды Всесоюзного электротехнического института, вып. 40 «Устойчивость электрических систем». — М.: Энергоиздат, 1940.
5. Герценберг Г. Р. Электронные регуляторы напряжения ВЭИ // Электричество. 1940. № 2.
6. Цукерник Л. В. Повышение устойчивости электрических систем посредством компаундирования синхронных машин // Электрические станции. 1941. № 23–24.
7. Цукерник Л. В. Установившийся режим и условия устойчивости компаундированного синхронного генератора // Вестник электропромышленности. 1943. № 9.
8. Цукерник Л. В. Автоматическое регулирование напряжения компаундированных синхронных генераторов // Электричество. 1945. № 7.
9. Коджид И. И. Регулятор напряжения для компаундированных синхронных генераторов // Электрические станции. 1946. № 4–5.
10. Иносов В. Л., Цукерник Л. В. Компаундированное возбуждение синхронных генераторов с электромеханическим корректором напряжения // Электрические станции. 1946. № 4–5.
11. Doherty R. E. Excitation Systems. Their Influence on Short Circuits and Maximim Power // Journal AIEE. 1928. P. 349.
12. Frey W. Stabilisierung von Synchrongeneratoren durch rasche Regelung der Erregung bei der Energieübertragung auf grosse Entfernung // Brown-Bovery Mitteilungen. 1946. № 11. P. 335.
13. Lavanchy Dr. C. Versuche zur Stabilisierung von Synchrongeneratoren durch rasche Regelung der Erregung bei Energieübertragung über sehr grosse Entfernung // Brown-Bovery Mitteilungen. 1946. № 11. P. 348.
14. Ботвинник М. М. О влиянии колебаний напряжения возбуждения на малые колебания ротора синхронной машины // Электричество. 1938. № 6.

## Малая электронная счетная машина<sup>1)</sup>

**Введение.** Разработка электронных счетных машин была начата в Институте электротехники АН УССР в 1948 г. В дальнейшем работа проводилась совместно с Институтом точной механики и вычислительной техники АН СССР.

Универсальные электронные счетные машины представляют собой достаточно сложный комплекс, содержащий ряд новых элементов электронной автоматики.

С целью сокращения сроков освоения этой техники, наряду с подготовкой к созданию больших универсальных электронных счетных машин, была начата разработка малой машины.

В отличие от большой электронной счетной машины, машина имеет пониженную скорость работы (около 3000 арифметических действий в минуту) и оперирует с шестнадцатизначными двоичными числами, что примерно соответствует пятизначным десятичным. Машина предназначена для решения задач, в которых можно ограничиться точностью расчетов до четвертого знака и не требующих действий с большим количеством коэффициентов.

Малая электронная счетная машина была смонтирована и испытана в 1950 г. В течение 1951 г. был внесен ряд усовершенствований, и с четвертого квартала этого же года машина была введена в эксплуатацию для решения практических задач. По заданиям ряда организаций было проведено табулирование специальных функций, подсчитано большое количество сложных интегралов, решены трансцендентные уравнения, а также нелинейные дифференциальные уравнения, определяющие устойчивости работы магистральных электропередач Куйбышевской гидроэлектростанции.

Помимо решения практических задач, на малой электронной счетной машине была показана правильность основных направлений проектирования больших машин, был приобретен опыт наладки отдельных узлов и взаимосвязей элементов машины в замкнутом цикле.

В процессе эксплуатации накапливается опыт решения задач на аналогичных машинах, проверяется надежность работы отдельных элементов и устройств.

Малая электронная счетная машина работает по тем же общим принципам, что и большие универсальные быстродействующие машины.

Малая электронная счетная машина имеет арифметическое устройство, запоминающее устройство, устройство управления, вводное устройство и выводное устройство для печатания результатов.

Емкость запоминающего устройства, т. е. количество чисел, которое может в нем храниться, в значительной мере определяет гибкость машины применительно к решению разнообразных задач.

В малой машине емкость запоминающего устройства меньше, чем в больших машинах, что несколько ограничивает круг решаемых задач.

**1. Основные параметры.** Для малой электронной счетной машины принята двоичная система счета. Двоичная система счета требует меньшего количества элементов, чем десятичная и, кроме того, весьма существенно упрощает операции умножения и деления, так как отсутствует таблица умножения.

В двоичной системе все числа изображаются двумя цифрами «1» и «0», что очень удобно для представления их в электрических схемах: наличие сигнала в какой-либо

1) Книга вышла в Издательстве Академии наук СССР в 1952 г. В ее написании принимали участие *Дашевский Л.Н.* и *Шкабара Е.А.*. Опущены шесть последних разделов.

цепи означает цифру «1», отсутствие сигнала (или сигнал другого знака) означает цифру «0».

Перевод из двоичной системы в десятичную весьма прост.

Так, например:

Двоичная система: 0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000 ...

Десятичная система: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ...

Для ориентировки в табл. 1.1 приведены десятичные эквиваленты двоичной системы.

Десятичные эквиваленты двоичной системы Таблица 1.1

Двоичная система	Десятичная система	Двоичная система	Десятичная система	Двоичная система	Десятичная система
1	1	1 00 00 00	64	1 00 00 00 00 00 00	40 96
10	2	10 00 00 00	128	10 00 00 00 00 00 00	81 92
1 00	4	1 00 00 00 00	256	1 00 00 00 00 00 00 00	1 63 84
10 00	8	10 00 00 00 00	512	10 00 00 00 00 00 00 00	3 27 68
1 00 00	16	1 00 00 00 00 00	1024	1 00 00 00 00 00 00 00 00	6 55 36
10 00 00	32	10 00 00 00 00 00	2048	10 00 00 00 00 00 00 00 00	13 10 72

Арифметические действия в двоичной системе производятся по тем же правилам, что и в десятичной системе. Так, например:

$$\begin{array}{r}
 + 10111 \\
 + 11010 \\
 \hline
 110001
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 10111 \\
 11010 \\
 \hline
 101110 \\
 10111 \\
 \hline
 1001010110
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 10001,111 \quad | \quad 1101 \\
 1101 \quad \quad \quad | \quad 1,011 \\
 \hline
 100 \quad 11 \\
 11 \quad 01 \\
 \hline
 1 \quad 101 \\
 1 \quad 101 \\
 \hline
 0 \quad 000
 \end{array}$$

$(23 + 26 = 49) \quad (23 \times 26 = 598) \quad (17,875 : 13 = 1,375)$

При производстве вычислений на машине необходимо выбрать положение запятой. Возможны два способа: первый — место запятой выбирается постоянным и все числа занимают соответственно этому определенное положение (фиксированная запятая); второй — число представляется двумя величинами: цифровой частью числа ( $A$ ) и его порядком ( $k$ ), т. е. в двоичной системе число изобразится  $2^k A$  (плавающая запятая).

Представление чисел с их порядками расширяет диапазон работы машины, но значительно усложняет выполнение операций сложения и вычитания и увеличивает время их производства. На малой машине принято представление чисел с фиксированной запятой. Положение запятой выбрано перед первым старшим разрядом, т. е. все числа на машине должны быть меньше единицы.

Для представления чисел машина имеет 16 разрядов, т. е. позволяет оперировать с числами до 4,7 знака в десятичной системе. Один разряд (17-й) используется для изображения знака числа. Код «0» в этом разряде означает положительный знак числа, код «1» — отрицательный.

В машине предусмотрены следующие операции: сложение, вычитание, умножение, деление, сдвиг числа на заданное количество разрядов, сравнение двух чисел с учетом их знаков, сравнение двух чисел по их абсолютной величине, передача с центрального управления на местное и обратно, передача чисел с магнитного запоминающего устройства, сложение команд, останов машины.

Для запоминания исходных данных и промежуточных результатов вычислений имеются запоминающие элементы, выполненные на триггерных ячейках. Для запоминания чисел предусмотрен 31 блок, а для запоминания команд — 63 блока.

Это соотношение выбрано на основании рассмотрения программирования ряда задач.

Блоки для запоминания чисел имеют каждый по 17 ячеек, блоки для запоминания команд — по 20 ячеек.

Кроме того, имеются особые функциональные устройства для установки и хранения неизменных коэффициентов и команд (31 коэффициент и 63 команды). Предусмотрена также возможность использования магнитного барабана для запоминания около 5000 кодов чисел или команд.

Команды задаются в виде определенных кодов. Выбрана трехадресная система кода команд. Первые четыре разряда кода команды — код операции — определяют операцию, которая должна быть выполнена на машине (четыре разряда дают возможность получить 16 комбинаций кода, т. е. выбрать одну из 16 операций).

Следующие пять разрядов кода команды содержат номер ячейки запоминающего устройства, из которой должно быть взято первое число (первый адрес). Пять разрядов дают возможность получить 32 комбинации кода, т. е. выбрать одну из 31 ячейки чисел. Нулевое положение (32-я комбинация) не может быть использовано для выбора ячеек.

Следующие пять разрядов кода команды дают номер ячейки, из которой должно быть взято второе число (второй адрес).

Последние шесть разрядов кода команды определяют номер ячейки, куда должен быть направлен результат (третий адрес) после выполнения над обоими числами действия, указанного в коде операции.

В отдельных случаях разряды третьего адреса используются для выбора номера ячейки, из которой следует принять следующую команду. Так как в машине имеется 63 блока для запоминания команд, то для выбора одной из них необходимо иметь шесть разрядов.

Выбор трехадресной системы дает существенную экономию в количестве запоминающих ячеек для кодов, по сравнению с одноадресной системой. В одноадресной системе часть разрядов используется для инструктивного кода, а остальные разряды указывают номер ячейки, из которой надо взять число или куда направить результат. Так, например, «передать на арифметическое устройство число, хранящееся в ячейке №  $K$ », «помножить число, находящееся в арифметическом устройстве, на число, хранящееся в ячейке №  $P$ », «передать число с арифметического устройства на запоминание в ячейку №  $S$ » и т. п. В трехадресной системе все эти указания объединяются в одну команду.

Арифметические действия производятся универсальным арифметическим устройством, выполненным на триггерных ячейках.

При сложении двух чисел возникают переносы в старшие разряды. Существующие системы счетчиков позволяют эти переносы производить лишь последовательно, что может сильно затянуть операцию сложения. Так, например:

$$\begin{array}{r} + 11111 \\ \quad \quad \quad 1 \\ \hline 100000 \end{array}$$

В приведенном примере возникает пять последовательных переносов в старшие разряды. В наихудшем случае при 16 разрядах может возникнуть 16 последовательных переносов. Для сокращения операции сложения, которая является элементарной операцией для всех остальных действий, предусмотрена специальная схема арифметического устройства, позволяющая осуществить переносы в старшие разряды сразу куда следует, а не последовательно. Такое решение позволило создать универсальное арифметическое устройство, пригодное для производства всех выбранных операций.

Выбор запоминающего устройства на триггерных ячейках предопределил систему подачи кодов чисел. Выбрана последовательная система, так как при этом резко сокращается количество управляемых входных и выходных элементов для запоминающего устройства. При последовательной системе ввода кодов чисел на каждую ячейку запоминающего устройства необходимо иметь лишь один входной и один выходной управляемые блоки. При параллельном же вводе кодов чисел на каждую ячейку требуется количество управляемых входных и выходных блоков, равное количеству разрядов.

Параллельный ввод кодов чисел в то же время ускоряет операции сложения и вычитания. Однако значительное увеличение количества электронных ламп и цепей управления при запоминающем устройстве на триггерных ячейках не компенсируется получаемыми преимуществами.

Как указывалось раньше, для малой машины выбрана пониженная частота работы. Передача кодов чисел происходит с частотой 5000 импульсов в секунду. Полное время одного цикла, включающего прием двух чисел, производство операции с ними, передачу результата на запоминание и прием следующей команды, составляет 17,6 мс для всех операций, кроме деления, которое занимает от 17,6 мс до 20,8 мс.

Таким образом, скорость вычислений составляет около 3000 операций в минуту.

Подобные скорости работы, полученные при сравнительно пониженной частоте, несоизмеримы со скоростью ручного счета.

Ввод исходных данных в машину осуществляется с перфорационных карт или посредством набора кодов на штеккерном коммутаторе. Полученные результаты считываются специальным электромеханическим печатающим устройством или фиксируются на киноплёнке.

Контроль правильности проведенных вычислений осуществляется путем соответствующего программирования решаемых задач, никаких специальных устройств для этой цели не предусматривается. Для определения исправности работы отдельных элементов машины применяются специальные программные тесты. Кроме того, предусмотрено переключение на ручную или полуавтоматическую работу. Переключив машину на ручную работу, можно по сигнальным лампам, расположенным на пульте управления, проследить работу всех элементов машины и выявить неисправное место.

При полуавтоматической работе машина останавливается после каждого такта работы и, таким образом, позволяет быстро произвести опробование отдельных элементов.

Машина расположена в зале площадью 60 м<sup>2</sup>. Общее количество электронных ламп составляет около 3500 триодов и около 2500 диодов, в том числе в запоминающем устройстве 2500 триодов и 1500 диодов. Суммарная потребляемая мощность — около 25 кВт.

*Основные параметры малой электронной счетной машины:*

1. Система счета — двоичная с фиксированной запятой.
2. Количество разрядов — 16 и один на знак.
3. Вид запоминающего устройства — на триггерных ячейках с возможностью использования магнитного барабана.
4. Емкость запоминающего устройства — 31 для чисел и 63 для команд.

5. Емкость функционального устройства — 31 для чисел и 63 для команд.
6. Производимые операции: сложение, вычитание, умножение, деление, сдвиг, сравнение с учетом знака, сравнение по абсолютной величине, передача управления, передача чисел с магнитного барабана, сложение команд, останов.
7. Система команд — трехадресная.
8. Арифметическое устройство — одно, универсальное, параллельного действия, на триггерных ячейках.
9. Система ввода чисел — последовательная.
10. Скорость работы — около 3000 операций в минуту.
11. Ввод исходных данных — с перфорационных карт или посредством набора кодов на штеккерном коммутаторе.
12. Съём результатов — фотографирование или посредством электромеханического печатающего устройства.
13. Контроль — системой программирования.
14. Определение неисправностей — специальные тесты и перевод на ручную или полуавтоматическую работу.
15. Площадь помещения — 60 м<sup>2</sup>.
16. Количество электронных ламп: триодов около 3500, диодов 2500.
17. Потребляемая мощность — 25 кВт.

**2. Структурная схема и принципы работы.** Блок-схема машины представлена на рис. 2.1. На ней приведены следующие элементы.

ДИ — Датчик главных импульсов и импульсов смещения подает импульсы во все управляющие цепи машины. Частота импульсов 5 КГц. Главные импульсы и импульсы смещения сдвинуты один относительно другого на половину периода. Амплитуда импульсов 40 в. Продолжительность импульсов 10 мкс. Пауза между импульсами около 200 мкс.

МДИ — магнитный датчик главных импульсов и импульсов смещения предусмотрен для обеспечения работы машины совместно с магнитным запоминающим устройством. Параметры генерируемых импульсов те же, что и для блока ДИ.

ЦУ — блок центрального управления управляет всеми операциями в машине и определяет моменты времени, когда надо включить ту или иную цепь.

УК — блок управления командами возбуждается от блока центрального управления и посылает управляющие импульсы устройства управления командами.

БЗК — блок запоминания команд принимает код команды и, в зависимости от работы блока управления командами, посылает коды отдельных адресов команды в соответствующие устройства.

УКОп — блок управления коммутатором операций получает в соответствующий момент (определяемый работой ЦУ и УК) код операции с блока запоминания команд и передает его на коммутатор операций.

КОп — коммутатор операций получает код операции от блока управления коммутатором операций и возбуждает одну из своих выходных цепей, соответствующую заданной операции.

УОп — блок управления операциями определяет последовательность выполнения отдельных элементарных операций на арифметическом устройстве в соответствии с работой блока центрального управления.

АУ — арифметическое устройство принимает коды чисел по кодовой шине от запоминающего устройства, производит арифметические операции в соответствии с работой блока управления операциями и передает результат по кодовой шине в элементы запоминаний. Арифметическое устройство состоит из следующих блоков.

БЗАУ — блок запоминания арифметического устройства служит для приема кодов чисел от запоминающего устройства.

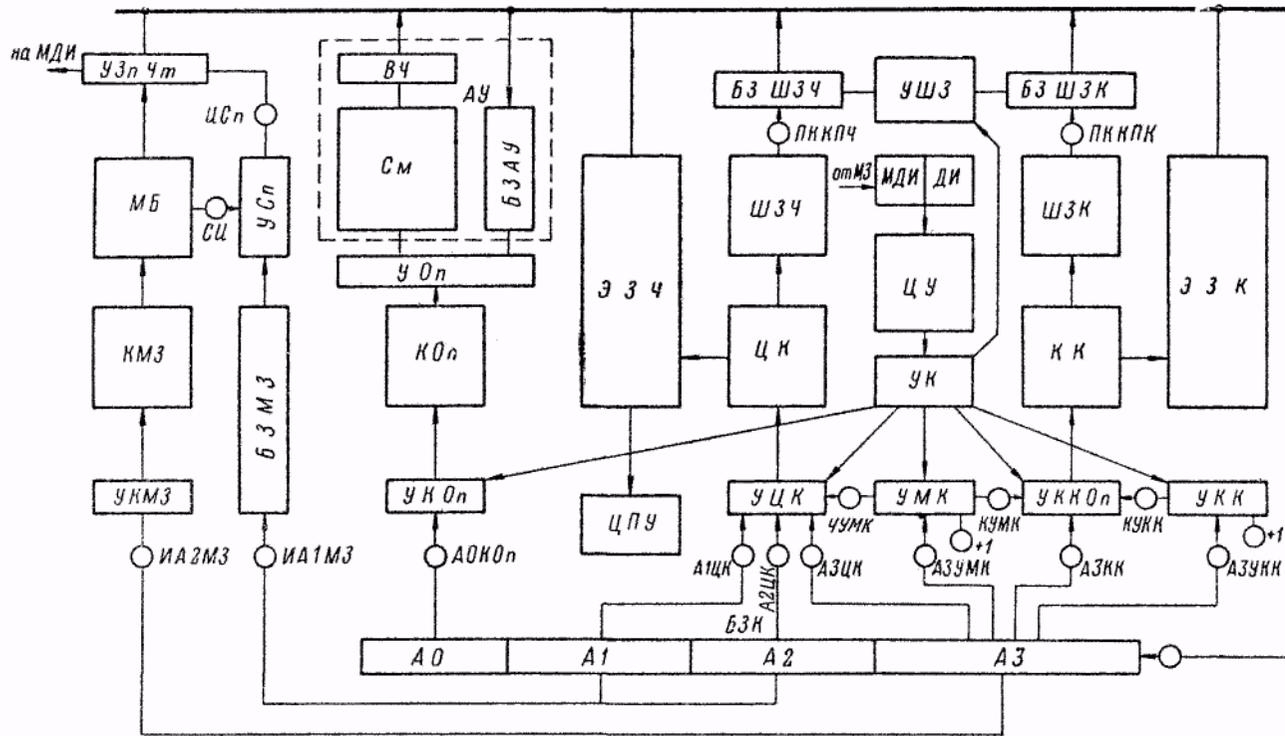


Рис. 2.1. Скелетная схема основных устройств электронной счетной машины

См — сумматор арифметического устройства производит все арифметические операции с кодами чисел.

ВЧ — блок вывода кодов чисел осуществляет передачу результатов в запоминающее устройство.

УЦК — блок управления центральным коммутатором получает в соответствующие моменты времени (определяемые работой ЦУ и УК) коды команд с адресов блока запоминания команд и передает их на центральный коммутатор.

ЦК — центральный коммутатор получает код соответствующего адреса от блока управления центральным коммутатором, возбуждает одну из своих выходных цепей и выбирает, таким образом, выходную или входную цепь ячейки запоминания, соответствующую заданному коду.

ЭЗЧ — электронное запоминающее устройство кодов чисел, в ячейках которого хранятся коды чисел. При получении соответствующего управляющего напряжения от центрального коммутатора эти коды чисел передаются на коммутационную шину или, наоборот, принимаются с коммутационной шины.

КК — коммутатор команд получает код номера команды с блока оперативного управления коммутатором команд, возбуждает одну из своих выходных цепей и выбирает, таким образом, входную или выходную цепь ячейки запоминания команд, соответствующую заданному коду номера команды.

УКК — блок управления коммутатора команд, соответствующий момент времени (определяемый работой ЦУ и УК), изменяет код номера команды на «1» или принимает код номера команды от третьего адреса блока запоминания команд.

УМК — блок местного управления командами аналогичен блоку УКК и используется при местном управлении командами, а также при работе машины совместно с магнитным запоминающим устройством.

УККОп — блок оперативного управления коммутатором команд получает коды номеров команд от блоков УКК или УМК или непосредственно от третьего адреса БЗК и передает их на коммутатор команд. КК — Коммутатор команд получает код номера команды с блока оперативного управления коммутатором команд, возбуждает одну из своих выходных цепей и выбирает, таким образом, входную или выходную цепь ячейки запоминания команд, соответствующую заданному коду номера команды.

ЭЗК — электронное запоминающее устройство кодов команд, в ячейках которого хранятся коды команд. При получении соответствующего управляющего напряжения от коммутатора команд эти коды передаются на коммутационную шину или, наоборот, принимаются с этой шины.

ШЗЧ — штеккерное запоминающее устройство для кодов чисел. В этом блоке набираются штеккерами значения коэффициентов. Выборка требуемого коэффициента определяется центральным коммутатором.

БЗШЗЧ — блок запоминания штеккерного запоминающего устройства для чисел принимает коды коэффициентов от штеккерного запоминающего устройства и передает их на кодую шину.

ШЗК — штеккерное запоминающее устройство для кодов команд. В этом блоке набираются штеккерами коды стандартных подпрограмм. Выборка требуемой команды определяется коммутатором команд.

БЗШЗК — блок запоминания штеккерного запоминающего устройства для команд. Принимает коды команд от штеккерного запоминающего устройства и передает их на кодую шину.

УШЗ — блок управления штеккерными запоминающими устройствами. Управляет выдачей кодов из штеккерных запоминающих устройств на кодую шину.

МБ — магнитное запоминающее устройство на барабане служит для хранения большого количества кодов чисел и команд. Эти коды могут передаваться в ячейки электронных запоминающих устройств или приниматься от них.

УКМЗ — блок управления коммутатором магнитной записи принимает код номера, дорожки от блока запоминания команд и передается на коммутатор магнитной записи.

КМЗ — коммутатор магнитной записи выбирает соответствующую дорожку на магнитном барабане.

БЗМЗ — блок запоминания магнитной записи принимает код номера числа на выбранной дорожке от блока запоминания команд.

УСп — устройство совпадения определяет момент выборки заданного числа на дорожке.

УЗпЧт — блок управления записью и чтением с магнитного барабана управляет записью или считыванием кодов и в нужный момент времени (определяемый устройством совпадения) передает код с магнитного барабана на кодовую шину или принимает код для записи на магнитный барабан.

Рассмотрим порядок работы машины при выполнении какой-либо арифметической операции, например, сложения. Код команды задан в блоке запоминания команд (БЗК). Код адреса операции (АО) в БЗК определяет ту операцию, которую следует произвести (сложение). Код первого адреса (А1) в БЗК указывает, из какого номера элемента запоминания следует взять код первого числа (первое слагаемое). Код второго адреса (А2) в БЗК дает номер элемента запоминания, из которого надо взять код второго числа (второе слагаемое). Код третьего адреса (А3) в БЗК определяет номер элемента запоминания, куда следует направить код результата (сумму). От блока центрального управления (ЦУ) через блок управления командами (УК) поступает импульс на АОКОп, передающий код операции с БЗК на блок управления коммутатором операции (УКОп). При этом возбуждается выходная цепь коммутатора операций (КОп), соответствующая производимой операции (сложению), и подготовляются соответствующие цепи управления на блоках управления операциями (УОп). Затем от ЦУ через УК поступает следующий импульс на (А1ЦК), передающий код с первого адреса (А1) на блок управления центральным коммутатором (УЦК). При этом возбуждается выходная цепь центрального коммутатора (ЦК), соответствующая номеру элемента запоминания, в котором расположено первое число (первое слагаемое). Выходная цепь этого элемента запоминания открывается, и код первого числа (первое слагаемое) через кодовую шину (КШ) поступает на арифметическое устройство (АУ).

Следующий импульс от ЦУ через УК поступает на А2ЦК и код второго адреса БЗК (А2) передается на УЦК. При этом возбуждается выходная цепь ЦК, соответствующая номеру элемента запоминания, в котором расположено второе число (второе слагаемое). Выходная цепь этого элемента запоминания открывается, и код второго числа (второе слагаемое) через КШ поступает на АУ.

На арифметическом устройстве (АУ) производится заданная операция (складываются коды обоих чисел).

Следующий импульс от ЦУ через УК поступает на А3ЦК и код с третьего адреса БЗК (А3) передается на УЦК. При этом возбуждается выходная цепь ЦК, соответствующая номеру элемента запоминания, в который следует направить результат (сумму).

Выходная цепь этого элемента открывается, и код результата (сумма) через КШ поступает с АУ на соответствующий элемент запоминающего устройства.

Следующий импульс от ЦУ через УК прибавляет «1» к коду номера команды в блоке управления коммутатором команд (УКК). Затем вновь полученный номер команды передается на блок оперативного управления коммутатором команд

(УККОп), возбуждается соответствующая выходная цепь коммутатора команд (КК) и с заданного элемента запоминания команд (ЭЗК) код новой команды через КШ поступает на БЗК.

Этим заканчивается цикл работы машины. Последующие циклы работы для арифметических операций производятся аналогично.

Операция сравнения управляет порядком следования команд. Нормально команды следуют одна за другой в порядке их номеров. Однако в некоторых случаях требуется изменить порядок поступления команд. Для этой цели служит операция сравнения. При этой операции порядок следования зависит от результата сравнения двух чисел. Если первое число больше второго числа, то команды следуют в порядке их номеров. Если же первое число меньше или равно второму числу, то следующей командой выполняется та, номер которой указан в третьем адресе команды сравнения.

Таким образом, при операции сравнения в коде команды даются: адрес операции — код операции сравнения; в первом адресе — код номера ЭЗЧ, где помещается первое сравниваемое число; во втором адресе — код номера ЭЗЧ, где помещается второе сравниваемое число; в третьем адресе — код номера команды, к которой следует перейти, если первое сравниваемое число меньше второго или равно ему.

Передача кодов первого и второго числа с ЭЗЧ на АУ производится так же, как и при выполнении арифметических операций. После производства операции сравнения на АУ, в отличие от арифметических операций, результат на ЭЗЧ не передается, а лишь принимается следующая команда. Номер этой команды зависит от результата сравнения. Импульс от ЦУ через УК или добавляет «1» к коду номера команд на УКК, или поступает на АЗУКК и передает код номера команды с АЗБЗК на УКК.

Операция передачи управления, как и операция сравнения, служит для изменения порядка чередования команд. При этой операции арифметических действий с числами не производится. Предусмотренная в машине операция передачи управления позволяет перейти с центрального управления командами (УКК) на местное управление командами (УМК). При такой передаче управления в третьем адресе кода команды задается номер команды, с которой следует начать работу на местном управлении командами. Этот код номера соответствующим импульсом от ЦУ передается с АЗБЗК на УМК и в дальнейшем управление машиной производится этим блоком, а не блоком УКК.

Обратная передача с местного управления командами на центральное возвращает управление работой на блок УКК. При этом работа начинается с того номера команды, на котором произошла передача с центрального управления командами на местное.

Наличие таких передач управления командами значительно облегчает программирование задач. Обычно основная программа осуществляется от блока центрального управления командами, а подпрограммы — от местного управления командами. Передача управления командами с центрального на местное обеспечивает переход с основной программы на требуемую подпрограмму. Обратная передача управления командами возвращает вычисления к основной программе после выполнения подпрограммы.

Кроме того, операция передачи управления позволяет осуществить переход приема команд с электронного запоминающего устройства на прием команд со штеккерного запоминающего устройства и обратно.

В машине предусмотрен обмен кодами между магнитным и электронным запоминающими устройствами.

Количество кодов, хранящихся на магнитном барабане, значительно превосходит номер числа, которое может быть установлено в одном адресе команды. Поэтому

операция магнитной записи задается двумя командами. Подготовительная команда магнитной записи (МЗа) задает номер дорожки на барабане и номер числа на дорожке, с которого следует начать обмен кодами. Коды этих номеров соответствующим импульсом ЦУ передаются соответственно на блоки УКМЗ и БЗМЗ. Коммутатор магнитной записи (КМЗ) выбирает заданную дорожку. Следующая команда магнитной записи (МЗб) задает характер работы — запись на магнитный барабан или считывание, а также номер числа на дорожке, на котором следует закончить обмен кодами, и номер ячейки электронного запоминающего устройства, с которой следует начать обмен кодами. После поступления этой команды код третьего адреса БЗК передается на УМК, затем останавливается ЦУ, после чего дается разрешение на работу устройства совпадения (УСп). Когда на барабане к магнитной головке подойдет требуемый номер числа, устройство совпадения даст первый импульс совпадения. Этот импульс совпадения вновь запустит ЦУ. Код с УМК передается на УЦК, и ЦК выберет соответствующую ячейку на ЭЗЧ, с которой нужно начать запись или чтение. Одновременно первый импульс совпадения откроет УЗпЧт и код с магнитного барабана будет передаваться в соответствующую ячейку ЭЗ или обратно.

После передачи первого числа соответствующий импульс ЦУ изменит на «1» код номера в УМК и передаст измененный код с УМК на УЦК. При этом откроется следующая по номеру ячейка ЭЗЧ, в которую поступит (или с которой должно быть передано) второе число. Такая передача будет происходить до тех пор, пока на магнитном барабане не получится номер числа, на котором следует закончить передачу. Для осуществления окончания магнитной записи код номера числа, на котором следует закончить магнитную запись, передается с БЗК на БЗМЗ. Возникновение второго импульса совпадения на УСп укажет момент окончания магнитной записи. Этот импульс прекращает операцию магнитной записи и машина приступает к исполнению следующей по номеру команды. Обмен кодами между магнитным барабаном и ЭЗК (для кодов команд) отличается от рассмотренного лишь тем, что передача кодов номеров ячеек ЭЗК производится с УМК на УККОп, а не на УЦК.

Для сокращения объема программ весьма целесообразно иметь возможность автоматически изменять номера в адресах команд по заданному закону. Для этой цели в машине предусмотрена операция сложения команд. В коде операции данной команды указывается, что необходимо произвести действие с кодом команды. Этот код соответствующим импульсом ЦУ передается на УКОп и коммутатор операций (КОп) подготавливает соответствующие цепи для выполнения сложения кодов команд. В первом адресе команды указывается номер ячейки запоминающего устройства, в которой хранится число, прибавляемое к коду команды. Соответствующим импульсом ЦУ код номера из первого адреса БЗК передается на УЦК, открывается цепь ЦК и требуемое число по кодовой шине поступает на арифметическое устройство. Номер команды, к которой следует прибавить число, указывается в третьем адресе. Соответствующим импульсом ЦУ код номера команды передается с третьего адреса БЗК на УККОп. Коммутатор команд (КК) выбирает соответствующую ячейку на ЭЗК и код изменяемой команды по КШ поступает на арифметическое устройство. На арифметическом устройстве происходит сложение кода команды с кодом числа. Следующий импульс ЦУ вновь открывает ячейку ЭЗК, из которой была взята команда, и измененный код команды направляется с арифметического устройства в эту ячейку.

**3. Методика производства операций.** Числа в двоичной системе счисления представляются на машине в виде кодов. Наличие сигнала означает цифру «1», отсутствие сигнала означает цифру «0».

Для операций с отрицательными числами можно воспользоваться следующим правилом: к отрицательному числу прибавляем и вычитаем единицу следующего

наивысшего разряда, от этого число не изменится. Из положительной единицы вычитаем отрицательное число, а отрицательную единицу оставляем перед числом, символически ставя над ней знак минус. Тогда отрицательное число будет характеризоваться положительной частью, представляющей дополнительное число к заданному, и отрицательной единицей. Например: дано число — 101010. Производя указанные операции, получим:

$$\begin{array}{r} + 1000000 \\ - 101010 \\ - \underline{1000000} \\ -1+010110 \end{array}$$

или символически: —101010 = 1.010110.

Результат не изменится, если будем прибавлять и вычитать по единице не следующего наивысшего разряда, а любого более высокого разряда, чем старший разряд заданного отрицательного числа, например: дано число — 101010. Производя указанные операции, получим:

$$\begin{array}{r} + 100000000 \\ 101010 \\ - \underline{100000000} \\ -1+11010110 \end{array}$$

или символически: -101010 = 1.11010110.

Представляя отрицательные числа дополнительным кодом и характеризуя его знак кодом «1» перед числом, можно пользоваться общим правилом сложения чисел.

Действительно, код самого числа всегда представляет собой положительную величину и, следовательно, при сложении даст положительный результат. Если положительное число больше отрицательного, то возникающий перенос с последнего старшего разряда на разряд знака добавится к «1» и изменит код знака на «0». Если же отрицательное число больше положительного, то такого переноса не будет и код знака суммы останется «1». Таким образом, сложение чисел при представлении отрицательных чисел, дополнительным кодом дает правильный результат. В этом легко убедиться, рассмотрев формулу сложения:

$$-2^n + (2^n - A) + B.$$

Если  $B > A$ , то сумма двух последних членов будет больше  $2^n$ , и следовательно, возникнет перенос на разряд «п». Если же  $B < A$ , то сумма двух последних членов будет меньше  $2^n$  и переноса на разряд «п» не будет.

Для иллюстрации рассмотрим конкретные примеры:

1) 101101 - 100010.

Представляя отрицательное число дополнительным кодом и кодом знака, получим:

$$\begin{array}{r} 0.101101 \\ \underline{1.011110} \\ 0.001011 \end{array}$$

(так как положительное число больше отрицательного, то код знака суммы положительный).

2) 100010 - 101101.

Производя те же операции, получим:

$$\begin{array}{r} 0.10001 \\ 0 \\ \underline{1.010011} \\ 1.110101 \end{array}$$

(так как положительное число меньше отрицательного, то код знака суммы отрицательный, а сама сумма изображена дополнительным кодом).

Перевод из прямого кода в дополнительный производится сравнительно просто. Для этого необходимо в прямом коде заменить «1» на «0», а «0» на «1» во всех разрядах, за исключением последнего младшего разряда со значащей цифрой, в котором должен остаться код «1». Или иначе: заменить в прямом коде «1» на «0», а «0» на «1» во всех разрядах и добавить «1» к младшему разряду.

Последнее обстоятельство вносит некоторые неудобства в операции на машине (добавление «1» к младшему разряду). Значительно удобнее представлять отрицательные числа обратным кодом, а не дополнительным, и использовать циклический перенос. Обратный код отличается от дополнительного тем, что после замены в прямом коде «1» на «0» и «0» на «1» добавления «1» к младшему разряду не производится. Взамен этого вводится перенос с разряда знака на младший разряд. Таким образом, при представлении числа обратным кодом его значение меньше на «1» младшего разряда, чем при представлении его дополнительным кодом.

При сложении двух отрицательных чисел, представленных обратными кодами, обязательно возникает перенос из разряда знака. Этот перенос, прибавляясь к младшему разряду, компенсирует одну недостающую единицу в младшем разряде. Сумма будет представлена обратным кодом. Действительно,

$$1^{\wedge}(y - 1) + 1^{\wedge}(z - 1) + 1(y - 1) = 1^{\wedge}(y + z - 1).$$

При сложении двух чисел разных знаков, если сумма получается положительной, обязательно возникает перенос с разряда знака на младший разряд, который добавляет недостающую единицу к обратному коду отрицательного числа. Действительно,

$$0^{\wedge}y + 1^{\wedge}(z-1) + 1 = 0^{\wedge}(0^{\wedge}y + 1^{\wedge}z).$$

Если же сумма получается отрицательной, то переноса с разряда знака не возникает и сумма представляется обратным кодом.

Преобразование прямого кода в обратный код на машине осуществить значительно проще, чем перевод в дополнительный код, поэтому принято представлять отрицательные числа при сложении обратным кодом, а не дополнительным и характеризовать их кодом знака «1». Суммирующие устройства при этом должны иметь цепи циклического переноса с разряда знака на младший разряд.

Коды отрицательных чисел можно хранить в запоминающем устройстве в виде обратных кодов и их кода знака или же в виде прямых кодов и кода знака. Первое решение целесообразнее с точки зрения удобства вывода суммы с арифметического устройства на запоминающее устройство, так как при этом не требуется преобразования обратного кода в прямой в случае отрицательного значения суммы. Однако при этом возникают затруднения при производстве операций умножения и деления. Поэтому принято представлять числа в запоминающем устройстве всегда в виде их прямых кодов, а знак их характеризовать кодом знака (отрицательные числа имеют код знака «1», положительные числа имеют код знака «0»). Преобразование прямого кода в обратный, в случае прибавления отрицательного числа, производится непосредственно на арифметическом устройстве. Точно так же производится преобразование обратного кода суммы в прямой код (отрицательное значение суммы) при передаче ее с арифметического устройства на запоминание.

Операция вычитания при подобном представлении кодов чисел производится точно так же, как и операция сложения, необходимо лишь изменить код знака у вычитаемого на обратный.

При сложении двух чисел одного знака возможно увеличение количества разрядов значащих цифр на один. Так как машина имеет определенное количество разрядов, то при этом возможен выход числа из количества располагаемых разрядов. При фиксированной запятой, как это имеет место в данной машине, при выходе числа из

количества располагаемых разрядов машина должна автоматически остановиться. Для того чтобы можно было судить о выходе числа из располагаемых разрядов, на суммирующем устройстве предусмотрены две ячейки знака. Код знака подается одновременно на эти две ячейки. Различные коды в ячейках знака указывают на выход суммы из числа располагаемых разрядов. Можно также использовать другой показатель для определения выхода числа из количества располагаемых разрядов. При сложении двух положительных чисел из ячейки знака импульса переноса никогда не возникает. Наличие при этом импульса переноса из старшего разряда в ячейку знака указывает на то, что сумма вышла из располагаемого количества разрядов. При сложении двух отрицательных чисел из ячейки знака всегда возникает импульс переноса. Отсутствие при этом импульса переноса из старшего разряда в ячейку знака указывает на то, что сумма вышла из располагаемого количества разрядов. При сложении чисел разных знаков выход из располагаемого количества разрядов невозможен и импульс переноса из старшего разряда всегда совпадает с импульсом переноса из ячейки знака. Таким образом, одновременное наличие импульсов из старшего разряда и из ячейки знака указывает на то, что сумма не вышла из располагаемого количества разрядов. Наличие же лишь одного из этих импульсов переноса является показателем выхода суммы из располагаемого количества разрядов и может быть использовано для автоматического останова машины. В машине принят способ блокировки от выхода суммы из располагаемого количества разрядов, основанный на несовпадении импульсов переноса из ячейки старшего разряда и ячейки знака.

При умножении двух чисел коды их знаков складываются, т. е. если знаки обоих чисел одинаковы, то код знака произведения получается положительным; если же знаки сомножителей различны, то код знака произведения получается отрицательным.

Коды чисел перемножаются нормальным образом, т. е. числа представлены прямыми кодами. Операция умножения осуществляется путем последовательного сложения и сдвига частичного произведения. Для этой цели код множимого поступает на статический запоминающий блок арифметического устройства. Затем подается код множителя. Если текущий разряд множителя имеет код «1», то множимое поступает со статического блока запоминания на сумматор. Если же текущий разряд множителя имеет код «0», то множимое не поступает на сумматор. После прохождения каждого разряда множителя частичное произведение на сумматоре сдвигается на один разряд влево (множитель подается старшими разрядами вперед). После прохождения всех разрядов множителя, на сумматоре получается код произведения.

Разряд, с которого должно быть выведено произведение, зависит от выбранного положения запятой. Пусть возможное количество разрядов чисел будет  $n + 1$ . Между разрядами  $г$  и  $г + 1$  расположена запятая (разряды считаем справа налево). Запятая в произведении должна стоять между разрядами  $2г$  и  $2г + 1$ . При передаче произведения его порядок должен быть нормализован, т. е. запятая должна стоять между разрядами  $г$  и  $г + 1$ . Иными словами, последние  $г$  разрядов у произведения справа должны быть отброшены. Необходимое количество дополнительных разрядов слева будет равно  $г$  чтобы общее количество разрядов числа осталось равным  $n + 1$ .

Таким образом, вывод кода произведения на запоминание следует производить с  $г$ -го дополнительного разряда слева. Если положение запятой выбрано перед старшим разрядом (все числа меньше единицы), то потребуется  $n + 1$  дополнительных разрядов слева, что и предусмотрено в машине (шестнадцать дополнительных разрядов, в том числе два разряда знака).

При умножении двух чисел, меньших единицы, произведение всегда будет также меньше единицы и блокировки от выхода результата из числа располагаемых разрядов не требуется.

Полученное на машине произведение имеет  $2(n + 1)$  разрядов. Из них в записываемое устройство могут быть выведены лишь первые  $n + 1$  разрядов. Для уменьшения систематической ошибки предусмотрено округление произведения путем добавления единицы к старшему отбрасываемому разряду.

При делении одного числа на другое их коды знаков складываются, т. е. если знаки делимого и делителя одинаковы, то знак частного получается положительным; если же знаки делимого и делителя различны, то знак частного получается отрицательным.

Для производства непосредственно деления необходимо предварительно нормализовать числа, т. е. установить числа таким образом, чтобы первые старшие значащие цифры делимого и делителя занимали одинаковые разряды. На машине удобнее всего сдвигать коды делимого и делителя влево до тех пор, пока их первые значащие цифры не займут основной старший разряд.

Операцию деления целесообразно производить путем последовательного вычитания или прибавления делителя и сдвига влево получающегося остатка. Нормализовав делимое и делитель, вычитаем делитель из делимого. Если остаток будет положительным (делимое больше делителя), то частичное деление произведено правильно и в частном получаем единицу. Если же остаток будет отрицателен (делимое меньше делителя), то попытка частичного деления не удалась и в частном получаем нуль. Для получения следующей цифры частного сдвигаем полученный остаток влево на один разряд и вновь производим попытку частичного деления. Если остаток был положительным, то вычитаем из него делитель и знак нового остатка определяет, будет ли следующая цифра частного «1» или «0» (если остаток положительный, то «1», если же он отрицателен, то «0»). В случае если остаток был отрицательным, делитель не вычитается, а прибавляется. Новый остаток будет представлять действительную величину остатка, который получается, если из сдвинутого на один разряд делимого вычесть делитель. Действительно, если  $y$  делимое, а  $z$  делитель, то первый остаток будет

$$y - z.$$

Сдвигая его на один разряд влево, будем иметь

Прибавляя к сдвинутому остатку делитель, получим

$$10(y - z) + z = 10y - z$$

В начале деления, если после первого вычитания делителя остаток получился отрицательным, то следующий остаток обязательно будет положительным. Однако при последующем делении может оказаться, что при прибавлении делителя остаток все же окажется отрицательным, т. е.

$$10y - z < 0.$$

В этом случае надо остаток вновь сдвинуть на один разряд влево и опять прибавить делитель, т. е.

$$10(10y - z) + z = 100y - z.$$

Операции продолжают до тех пор, пока остаток не будет положительным, после чего из сдвинутого остатка вычитается делитель.

Таким образом, для производства деления необходимо из остатка (в частном случае делимого) вычитать или прибавлять делитель, после чего сдвигать влево на один разряд вновь полученный остаток и повторять операцию снова. Вычитание делителя производится в том случае, если остаток положительный. Если же он отрицателен,

то делитель прибавляется к остатку. Если после операции остаток положителен, то в частном получается единица; если же остаток отрицателен, то в частном получается нуль.

На машине делимое принимается на сумматор, а делитель на блок запоминания арифметического устройства. Затем делитель прибавляется прямым или обратным кодом к числу, находящемуся на сумматоре (при положительном знаке числа на сумматоре делитель передается обратным кодом, при отрицательном знаке на сумматоре делитель передается прямым кодом). Затем число на сумматоре сдвигается на один разряд влево. Код, выходящий с ячейки знака сумматора на дополнительные разряды, дает частное, представленное обратным кодом.

При фиксированной запятой после производства деления количество цифр частного должно быть строго определенным. Таким образом, число частичных делений зависит от места запятой, а также от того, на сколько разрядов необходимо было сдвинуть делимое и делитель при их нормализации. Пусть делимое было сдвинуто на  $p$  разрядов влево, а делитель на  $q$  разрядов. Всего имеется  $n + 1$  разрядов, а запятая выбрана между разрядами  $r$  и  $r + 1$  (считая справа). Тогда делимое, делитель и частное могут быть представлены следующим образом.

Делимое:

$$1 \cdot 2^{(n-r)-p} + x_1 2^{(n-r)-p-1} + \dots + x_{(n-r)-p} 2^0 + x_{(n-r)-p+1} 2^{-1} + \dots + x_{n-p} 2^{-r}.$$

Делитель:

$$1 \cdot 2^{(n-r)-q} + y_1 2^{(n-r)-q-1} + \dots + y_{(n-r)-q} 2^0 + y_{(n-r)-q+1} 2^{-1} + \dots + y_{n-q} 2^{-r}.$$

Частное:

$$\bar{z}_0 2^{q-p} + z_1 2^{q-p-1} + \dots + z_{q-p} 2^0 + z_{q-p+1} 2^{-1} + \dots + z_{q-p+r} 2^{-r},$$

где  $x, y, z$  могут иметь значения «1» или «0». В частном  $z_0$  может быть «1» (если после нормализации делимое больше делителя) или же, «0» (если после нормализации делимое меньше делителя). Если  $z_0 = 0$ , то обязательно  $z_1$  равно 1. Таким образом, количество цифр в частном будет:

$$r + (q - p) \quad (\text{если } z_0 = 0)$$

или

$$r + (q - p) + 1 \quad (\text{если } z_0 = 1)$$

( $r$  цифр после запятой и  $q - p$  или  $q - p + 1$  цифр до запятой). Количество попыток произвести операцию деления всегда будет:

$$r + (q - p) + 1.$$

Последняя цифра частного будет находиться в разряде знака сумматора; остальные цифры будут занимать дополнительные разряды сумматора. Так как после деления запятая должна стоять между дополнительными разрядами  $r$  и  $r + 1$ , то передача частного должна осуществляться с  $n$ -го дополнительного разряда. Как указывалось, частное получается обратным кодом и при передаче его на запоминание необходимо преобразовать его в прямой код.

При производстве деления возможно, что частное выйдет из располагаемого количества разрядов. В этом случае машина должна автоматически остановиться. Для того чтобы частное не вышло из располагаемого количества разрядов, необходимо чтобы количество полученных цифр частного было равно или меньше количества разрядов машины. Иными словами, должно быть соблюдено следующее неравенство:

$$q - p \leq n - r.$$

Этим условием можно воспользоваться для выполнения автоматического останова машины в случае, когда частное выходит из располагаемого количества разрядов. В этом случае  $q - p > n - r$ .

Можно делимое принимать на сумматор не прямым, а обратным кодом. Все предыдущие рассуждения при этом остаются в силе, только первой операцией после нормализации чисел будет не вычитание делителя, а прибавление делителя (при обратном коде значащей цифрой является код, «0»). Отрицательная величина остатка (код знака «1») будет означать, что предыдущий остаток был больше делителя и, следовательно, в частном должна быть цифра «1».

При сдвиге числа на сумматоре код, выходящий с ячейки знака сумматора на дополнительные разряды, дает частное, представленное прямым кодом.

В машине предусмотрена передача делимого на сумматор обратным кодом; при этом результат на сумматоре получается прямым кодом, что не требует преобразования обратного кода в прямой при выводе числа.

Операция сдвига, по существу, представляет умножение на  $2^k$ , где  $k$  может быть как положительно, так и отрицательно. Операция сдвига встречается довольно часто при решении практических задач. Например, при решении системы линейных уравнений необходимо все коэффициенты привести к такому порядку, чтобы старший коэффициент был порядка «1».

Для этой цели можно воспользоваться операцией сдвига. Кроме того, операция сдвига полезна также при производстве логических операций. Операция сдвига может быть осуществлена при помощи умножения или деления заданного числа на величину  $2^k$ , где  $k$  — количество разрядов, на которое нужно сдвинуть заданное число.

Так как при использовании операции умножения для сдвига числа не нужно производить округление произведения, в машине предусмотрена специальная операция «Умножение без округления».

Операция сравнения управляет порядком следования команд. Весьма часто при решении практических задач ход решения (порядок следования команд) зависит от значения той или иной величины, получающейся в процессе решения. Примером может служить вычисление процесса регулирования при наличии зоны нечувствительности. До тех пор, пока регулируемая величина не вышла из зоны нечувствительности, процесс протекает по одному закону, при выходе же ее из зоны нечувствительности закон течения процесса изменяется. Следовательно, в зависимости от значения регулируемой величины, должна быть выбрана та или другая программа вычислений.

Кроме того, операция сравнения широко применяется для осуществления циклического повторения отдельных частей программы, а также для определения окончания расчета.

В машине предусмотрены две операции сравнения:

1. Сравнение двух чисел с учетом их знаков.
2. Сравнение двух чисел по их абсолютной величине.

Операция сравнения производится точно так же, как и операция вычитания, только результат не передается на запоминание, а по его знаку производится выбор порядка дальнейшего следования команд. Если первое число больше второго (код знака разности положителен — «0»), то поступает следующая по порядку команда. Если же первое число меньше или равно второму (код знака разности отрицателен — «1»), то поступает команда, номер которой указан в третьем адресе команды сравнения. Номера элементов запоминания, в которых хранятся первое и второе числа, задаются кодами в первом и втором адресах команды сравнения.

При сравнении двух чисел с учетом их знаков может получиться, что результат выйдет из числа располагаемых разрядов (в случае разных знаков чисел). Так как

разность максимально может выйти лишь на один разряд, то вторая ячейка знака даст всегда правильный знак разности и управление операцией сравнения следует производить от нее.

Операция передачи управления (ПУ) с центрального управления командами на местное и обратно предусмотрена в машине для облегчения программирования. Ее назначение и порядок работы были изложены в предыдущем разделе. Никаких специфических требований к методике эта операция не предъявляет.

Операция сложения команд предусмотрена в машине как самостоятельная операция, а не как обычное сложение двух чисел. Это вызвано, в первую очередь, тем, что количество разрядов кода команды превышает количество разрядов у кода числа. Код числа имеет 16 разрядов и 1 разряд для знака. Код команды имеет 16 разрядов для адресов и 4 разряда для кода операции. Арифметические действия требуется производить лишь с кодами адресов команды, с кодом же операций никаких действий не производится. Таким образом, количество разрядов кода числа и кодов адресов команды соответствует друг другу.

При операции сложения команд в первом адресе указывается номер числа, которое требуется прибавить к коду команды. Номер команды задается в третьем адресе. Это вызвано тем, что количество разрядов второго адреса недостаточно, чтобы выбрать любую команду. Отсылка измененного кода команды в запоминающее устройство производится также по номеру в третьем адресе, т. е. изменяемая команда, возвращается в прежнюю ячейку запоминающего устройства. Это ограничение не является существенным, так как в большинстве случаев требуется именно такой закон изменения кодов команд.

При сложении кода команды с каким-либо числом необходимо обеспечить неизменность кода операции, что выполняется следующим образом. При выдаче результата в запоминающее устройство открытие ячейки ЭЗК производится сначала на выдачу числа из ЭЗК. При этом код возвращается обратно в ту же ячейку. После четырех импульсов работа переключается на прием кода на ЭЗК и ячейка ЭЗК принимает лишь новый код, поступающий по КШ от АУ. Таким образом, на первой стадии происходит возвращение кода операции в ЭЗК, а на второй стадии — прием измененного кода адресов команды от арифметического устройства.

Обмен кодами с устройствами магнитной записи описан в предыдущем разделе и специальных требований к методике производства операций не предъявляет.

Останов машины может потребоваться после окончания вычислений заданной задачи или же возникнуть автоматически при выходе какого-либо результата вычислений из числа располагаемых разрядов. В последнем случае это дает указание, что программа вычислений задана неправильно и не учитывает имеющуюся емкость машины. Соответствующая сигнализация позволяет установить, на какой операции произошел автоматический останов машины и оператор должен решить, как следует изменить программу вычислений или значение исходных данных (введение масштаба).

#### 4. Примеры производства арифметических операций.

*А. Сложение и вычитание.* Операции сложения и вычитания ничем не отличаются одна от другой, так как при вычитании меняется лишь знак у вычитаемого. 1. Два положительных числа

$$101011 + 001011$$

на сумматоре:

$$\begin{array}{r} 00.1\hat{1}0\hat{1}\hat{1}0 \\ 00.101011 \\ \hline 00.001011 \end{array}$$

2. Два положительных числа с выходом суммы из располагаемого количества разрядов

$$101011 + 011111$$

на сумматоре:

$$\begin{array}{r} 00.101011 \\ 00.011111 \\ \hline \end{array}$$

$$01.001010$$

Так как в обеих ячейках знака получились разные коды (наличие импульса переноса лишь от старшего разряда и отсутствие его от первой ячейки знака), то возникает автоматический останов машины.

3. Два отрицательных числа

$$(-101011) + (-001011),$$

на сумматоре:

$$\begin{array}{r} 11.010100 \text{ (обратный код первого числа)} \\ 11.110100 \text{ (обратный код второго числа)} \\ \hline 11.001000 \\ \xrightarrow{-1} \text{ (единица циклического переноса)} \\ 11.001001 \text{ (или -110110)} \end{array}$$

4. Два отрицательных числа с выходом суммы из располагаемого количества разрядов

$$(-101011) + (-011111),$$

на сумматоре:

$$\begin{array}{r} 11.010100 \text{ (обратный код первого числа)} \\ 11.100000 \text{ (обратный код второго числа)} \\ \hline 10.110100 \\ \xrightarrow{1} \text{ (единица циклического переноса)} \\ 11.001001 \text{ (или -1001010)} \end{array}$$

Так как в обеих ячейках знака получились разные коды (наличие импульса переноса из ячейки знака и отсутствие его из ячейки старшего разряда), то возникает автоматический останов.

5. Положительное и отрицательное числа. Положительное число больше отрицательного

$$101011 + (-001011),$$

на сумматоре:

$$\begin{array}{r} 00.101011 \text{ (обратный код первого числа)} \\ 11.110100 \text{ (обратный код второго числа)} \\ \hline 00.011111 \\ \xrightarrow{1} \text{ (единица циклического переноса)} \\ 00.100000 \end{array}$$

6. Положительное и отрицательное числа. Положительное число меньше отрицательного

$$001011 + (-101011),$$

на сумматоре:

00.001011  
11.010100 (обратный код второго числа)  
 11.011111 (или -100000)

7. Положительное и отрицательное числа. Положительное число равно отрицательному

101011+ (-101011),

на сумматоре:

00.101011      11.010100  
 11.111111 (или -000000)

Последний пример показывает, что при получении нуля на сумматоре образуется код 11.1111 ....., т. е. код «—0». Поэтому при операции сравнения код знака получается одинаковым при равенстве чисел и в том случае, когда второе число больше первого.

*Б. Умножение.* Умножение двух чисел

,101011 x ,001011

$n + 1 = 6; r = 6$ ; вывод произведения производится с  $r$ -го, т. е. с шестого дополнительного разряда.

На блоке запоминания арифметического устройства:

множимое 101011.

На сумматоре:

000000000000	Мно-	
000000000000	житель	
000000000000	0	
000000000000	0	Сдвиг влево
000000000000	0	
000000000000	1	Сдвиг влево
000000101011	1	Прибавление множимого
000001010110	0	Сдвиг влево
000001010110	0	
000010101100	0	Сдвиг влево
000010101100	0	
000011010111	1	Прибавление множимого
000110101110	1	Сдвиг влево
000110101110	1	
000111011001	1	Прибавление множимого
000111011001	1	Сдвиг влево

Результат отбрасывается

Обычное умножение дает:

                  x      ,101011  
                           ,001011  
                   101011  
                   101011 101011  
                   ,000111011001

т. е. результат тот же.

*В. Деление.*

## 1. Деление двух чисел

$$,001011 : ,011011.$$

Нормализуем числа.

Делимое 101100 сдвиг влево на два разряда ( $p = 2$ ). Делитель 110110 сдвиг влево на один разряд ( $q = 1$ ). Запятая находится после шестого разряда (справа), т. е.  $r = 6$ . Количество разрядов:  $n + 1 = 6$ . Производим проверку выхода из располагаемого количества разрядов:

$$q - p \leq n - r; \quad 1 - 2 \leq 5 - 6.$$

Условие удовлетворяется и можно производить деление. Попыток операций деления должно быть:

$$r + (q - p) + 1 = 6 + (1 - 2) + 1 = 6.$$

Вывод частного должен производиться с шестого дополнительного разряда.

Производим деление:

0 1 1 0 0 1 0	Делитель
1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0	Делимое
1 0 0 1 1 0 1	1. Обратный код делителя
1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1	
1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1	Сдвиг
0 1 1 0 0 1 0	2. Прямой код делителя
1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0	
1 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 0	Сдвиг
1 0 0 1 1 0 1	3. Обратный код делителя
1 1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0	
1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0	Сдвиг
1 0 0 1 1 0 1	4. Обратный код делителя
1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0	
1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0	Сдвиг
1 0 0 1 1 0 1	5. Обратный код делителя
1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1	
1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 1	Сдвиг
0 1 1 0 0 1 0	6. Прямой код делителя
1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1	
Частное    Остаток	
обр. кодом    отбрасывается	

Частное получено на дополнительных разрядах обратным кодом.

Прямой код частного будет:

$$,011100$$

Обычное деление дает:

$$\begin{array}{r} ,00101100 \quad ,011001 \\ \underline{011001} \quad 0,011100 \\ 0100110 \quad 011001 \\ \underline{0011010} \quad 011001 \\ 00000100 \end{array}$$

т. е. результат тот же.

2. Деление двух чисел с выходом частного из располагаемых разрядов

$$,010110 : ,001100.$$

В этом случае  $p = 1$ ;  $q = 2$ ;  $r = 6$ ;  $n + 1 = 6$ . Условие отсутствия выхода из располагаемых разрядов не удовлетворяется.

Должно быть:

$$q - p \leq n - r.$$

Фактически получим:

$$q - p = 2 - 1 = 1, n - r = 5 - 6 = -1.$$

Таким образом, операцию деления можно не производить и машина должна автоматически остановиться.

3. Операция деления при передаче делимого на сумматор обратным кодом (для примера 1)

БЗ А У	1 1 0 0 1 0	Делитель
С м	0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1	Обратный код делимого
	0 1 1 0 0 1 0	1. Прямой код делителя
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0	
	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0	Сдвиг
	1 0 0 1 1 0 1	2. Обратный код делителя
	0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1	
	0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1	Сдвиг
	0 1 1 0 0 1 0	3. Прямой код делителя
	0 0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1	
	0 0 0 1 1 1 0 0 1 0 1 1	Сдвиг
	0 1 1 0 0 1 0	4. Прямой код делителя
	0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1	
	0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1	Сдвиг
	0 1 1 0 0 1 0	5. Прямой код делителя
	0 0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0	
	0 1 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0	Сдвиг
	1 0 0 1 1 0 1	6. Обратный код
	0 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0	-----
	Частное      Остаток	
	прямым отбрасывается	
	кодом                      я	

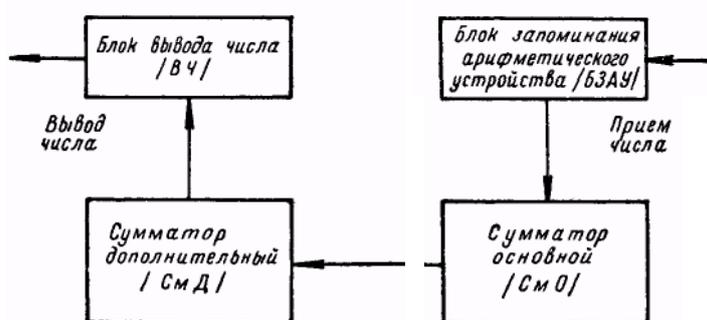
5. Принципиальная схема арифметического устройства.

А. Общие принципы построения арифметического устройства (АУ). Арифметическое устройство универсально и позволяет производить все арифметические и логические операции. При последовательном вводе кодов чисел можно было бы применить более простое суммирующее устройство последовательного сложения по разрядам двух кодов чисел. Однако необходимость производства других операций, как, например, умножение и, особенно, деление, потребовала бы значительного усложнения схемы, что привело бы к более громоздкому решению.

Разработанное для машины арифметическое устройство (АУ) основано на триггерных ячейках и разрешающих устройствах.

Принята последовательно-параллельная система работы арифметического устройства. Коды чисел принимаются на арифметический элемент последовательно разряд за разрядом. Суммирование же чисел производится путем одновременной параллельной подачи на сумматор кодов цифр отдельных разрядов. Подобное решение позволило унифицировать почти все операции, производимые на машине, в отношении необходимого времени для их выполнения. Ритмичная работа машины значительно упрощает устройства управления.

Такое решение можно было получить лишь при условии, что операция сложения укладывается во времени в интервал, не превышающий половины периода следования кодов отдельных разрядов. Для этой цели была разработана схема суммирующего блока, позволяющая передавать импульсы переноса, возникающие при сложении кодов цифр отдельных разрядов, непосредственно на нужные места, а не путем последовательного ряда переносов из разряда в разряд. Это значительно сократило время сложения и тем самым позволило создать универсальное арифметическое



устройство (рис. 5.1).

Рис. 5.1. Блок-схема арифметического устройства

Арифметическое устройство (АУ) состоит из следующих блоков.

1. Блок запоминания кодов чисел (БЗАУ) предназначен для приема кодов чисел из запоминающего устройства машины и последующей подачи по тому или иному закону на суммирующий блок (в зависимости от заданной операции).

2. Сумматор основной (СМО) предназначен для выполнения операций сложения кодов чисел и их сдвига. Комбинациями этих двух элементарных операций выполняются все арифметические и логические действия, а также передача результата на запоминающее устройство.

3. Дополнительные разряды сумматора (СмД) служат для приема частичных результатов при операциях умножения и деления, как это было показано в разделе 4.

4. Блок для вывода результата с арифметического устройства (ВЧ).

*Б. Блок запоминания арифметического устройства (БЗАУ).* Блок запоминания арифметического устройства основан на триггерных ячейках. Принципиальная схема триггерной ячейки блока запоминания представлена на рис. 5.2.

Проводящее состояние левой половины триггерной ячейки, анод которой обозначен «1», означает код «1» данного разряда. Проводящее состояние правой половины триггерной ячейки, анод которой обозначен «0», означает код «0» данного разряда.

На правую сетку поступает отрицательный импульс переноса от предыдущей ячейки блока запоминания. На левую сетку подаются регулярно следующие отрицательные импульсы смещения.

С правого анода через дифференцирующую емкость и линию задержки поступает импульс переноса на следующую ячейку блока запоминания.

Пусть левая половина триггерной ячейки находится в проводящем состоянии (код «1»). Тогда напряжение на правом аноде будет больше, чем на левом. При поступлении отрицательного импульса смещения на левую сетку триггер переключится

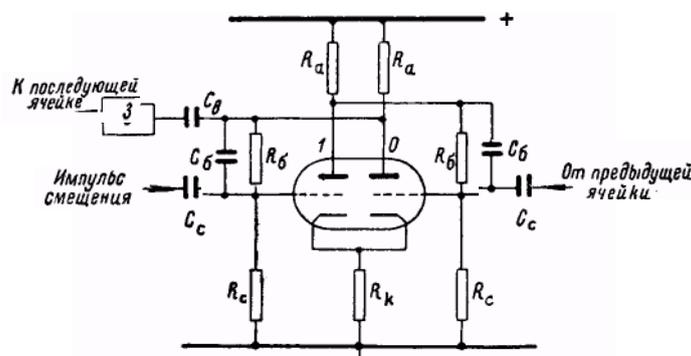


Рис. 5.2. Схема ячейки блока запоминания арифметического устройства

из одного положения в другое, левая половина будет непроводящей и напряжение на правом аноде резко уменьшится, а на левом возрастет. Резкое понижение напряжения правого анода вызывает отрицательный импульс переноса. Этот отрицательный импульс переноса поступает через некоторый промежуток времени, определяемый запаздыванием в линии задержки, на правую сетку следующей ячейки. Так как импульсы смещения подаются одновременно на все ячейки, то к моменту поступления импульса переноса ячейка будет находиться в положении кода «0», т. е. проводящей будет правая половина.

Пришедший на правую сетку отрицательный импульс переноса опять перекинет триггер в положение кода «1» (проводящая — левая половина). Напряжение на правом аноде резко возрастет и возникнет положительный импульс, который не окажет влияния на следующую ячейку (практически запирается диодом или твердым выпрямителем).

Если до поступления импульса смещения ячейка блока запоминания находилась в положении кода «0» (проводящая — правая половина), то этот импульс не вызовет переброса триггера, импульса переноса не будет и следующая ячейка останется в положении кода «0» (проводящая — правая половина).

Таким образом, код, находящийся в одной ячейке, после поступления импульса смещения перейдет в следующую ячейку.

Для четкой работы ячейки блока запоминания наличие линии задержки обязательно, так как в противном случае импульс переноса будет накладываться на импульс смещения и работа триггера будет неопределенна. Время запаздывания линии задержки должно быть достаточным, чтобы импульс смещения и переходный процесс в триггере закончились до поступления импульса переноса. Задержка импульса переноса осуществлена на разрешающем устройстве совпадения. На один вход разрешающего устройства подается импульс переноса размытой формы; на другой вход разрешающего устройства подаются сдвинутые импульсы смещения (СГИС), создаваемые специальным генератором. Эти импульсы отстают от импульсов смещения на требуемое время запаздывания импульса переноса. На выходе разрешающего устройства, при наличии импульса переноса, возникает сдвинутый импульс, который и переключает триггерную ячейку в другое положение.

В качестве разрешающего устройства совпадения для этой цели применена схема, изображенная на рис. 5.3.

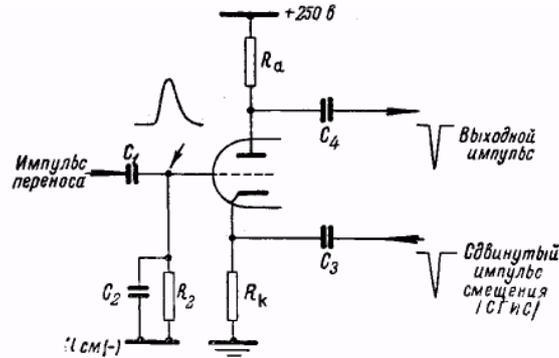


Рис. 5.3. Схема разрешающего устройства совпадения для блока запоминания

Нормально лампа заперта отрицательным потенциалом, поданным на сетку. Этот потенциал выбирается таким, что при подаче отрицательных сдвинутых импульсов смещения на катодное сопротивление потенциал сетки по отношению к катоду все же остается отрицательным и лампа будет заперта (отрицательный потенциал сетки должен быть больше величины сдвинутых импульсов смещения на величину отсечки).

На сетку лампы подаются положительные импульсы переноса. Величина этих импульсов не должна открывать лампу при отсутствии сдвинутых импульсов смещения на катодном сопротивлении. При совпадении импульсов переноса и сдвинутых импульсов смещения потенциал сетки по отношению к катоду возрастает настолько, что лампа открывается, анодное напряжение резко уменьшается и на выходе разрешающего устройства возникает отрицательный импульс.

Емкость  $C_2$  служит для того, чтобы затянуть импульс переноса. Диаграмма протекания процесса показана на рис. 5.4.

Данное разрешающее устройство совпадения может быть выполнено на одной половине двойного триода. Следует лишь иметь в виду, что импульс переноса следует брать с левого анода триггерной ячейки для того, чтобы иметь положительный знак этого импульса. Источник сдвинутых импульсов смещения должен быть достаточно мощным, так как он работает на значительное количество параллельно присоединенных небольших катодных сопротивлений.

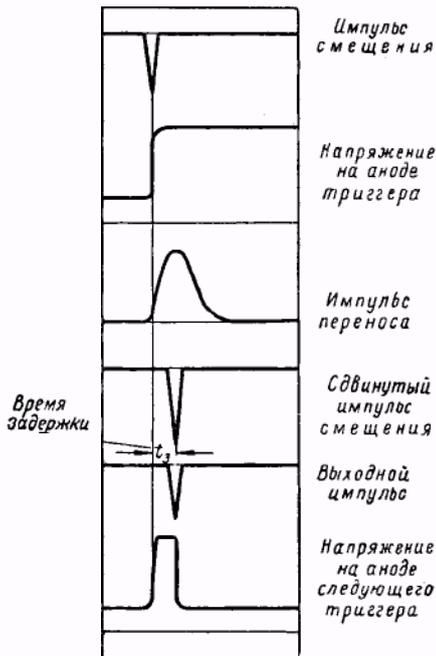


Рис. 5.4. Диаграмма работы одного ряда блока запоминания

значительное количество параллельно присоединенных небольших катодных сопротивлений.

С анодов триггерных ячеек, после заполнения их кодом числа, напряжения должны поступать на сумматор. Так как необходимо иметь возможность передать число на сумматор как прямым, так и обратным кодом, то требуется вывод напряжения с обоих анодов. Действительно, если код триггерной ячейки «1», то левый анод имеет пониженное напряжение; при коде «0» левый анод имеет повышенное напряжение. Правый же анод имеет в этих случаях противоположный знак напряжения (относительно среднего) и, таким образом, его напряжение дает обратный код.

Передача кода числа с ячеек блока запоминания на сумматор производится через разрешающие устройства совпадения. Разрешающие устройства совпадения для этой цели выполнены на двойных триодах. Принципиальная схема такого разрешающего устройства совпадения дана на рис. 5.5.

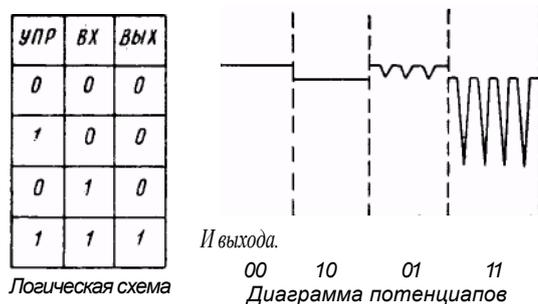
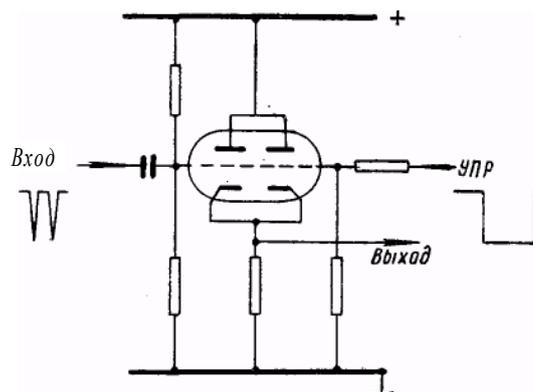


Рис. 5.5. Схема разрешающего устройства совпадения с катодным выходом

Нормально обе половины двойного триода открыты, и ток между обеими половинами распределяется примерно поровну (лампа находится в режиме катодного повторителя).

При уменьшении напряжения на одной из сеток соответствующая половина лампы закрывается и ток в ней уменьшается. Однако при этом возрастает ток во второй половине лампы, так как она продолжает работать в режиме катодного повторителя. При этом напряжение на катоде остается почти неизменным (немного уменьшается). При одновременном уменьшении напряжения на обеих сетках точно так же уменьшается и напряжение на катодном сопротивлении и получается резкое изменение напряжения выхода.

Один из входов разрешающего устройства совпадения включен через делитель на анодное напряжение триггера; на другой вход подается управляющий импульс. Следует иметь в виду, что при нулевом режиме (отсутствие сигналов на обоих входах) потенциалы сеток должны быть примерно одинаковыми, чтобы обе половины лампы были проводящими. Для этой цели сетка, на которую подается управляющий импульс, подключается через делитель к шине питания, а вторая сетка через делитель подключается к аноду триггера.

Для сигнализации положения триггерных ячеек блока запоминания на пульте управления предусмотрены неоновые лампы. Эти неоновые лампы подключаются к анодам триггерных ячеек через свои катодные повторители.

Ячейка для приема кода знака блока запоминания несколько отличается от остальных. Эта ячейка должна иметь возможность не только принимать коды, но и складывать их. Это требуется для таких операций, как умножение и деление, в которых знак произведения или частного равен сумме знаков сомножителей или делимого и делителя. Кроме того, при операции вычитания необходимо изменить знак вычитаемого на противоположный. Удобнее всего это сделать, установив в ячейке знака код «1» и прибавляя к этому коду код знака вычитаемого. Это эквивалентно изменению кода знака вычитаемого на противоположный ( $1 + 0 \rightarrow 1$ ;  $1 + 1 \rightarrow 0$ ). В соответствии с этим ячейка знака на блоке запоминания выполнена как счетная ячейка, т. е. код знака подается на обе сетки триггерной ячейки, которая работает как счетчик.

Перед приемом кода знака необходимо иметь возможность установить ячейку знака в положение «0» или в положение «1» (при вычитании). Для этой цели следует подавать управляющие импульсы в каждую сетку отдельно. Для операций умножения и деления требуется передача на запоминание кода знака произведения или частного, который получается на ячейке знака блока запоминания.

Передача кода знака с ячейки знака может быть произведена путем ее гашения и передачи образовавшегося импульса переноса по коммутационной шине на запоминающее устройство (при наличии в этой ячейке кода «1» импульс переноса получается, при коде «0» импульс переноса отсутствует). Для этой цели с ячейки знака блока запоминания предусмотрена выходная цепь.

Скелетная схема блока запоминания арифметического устройства представлена на рис. 5.6.

Блок запоминания арифметического устройства (БЗАУ) имеет 16 триггерных ячеек (1... 16) соответственно 16 разрядам кода числа.

Одна из сеток каждой триггерной ячейки приключена к общей шине (СдвБЗАУ), на которую подаются, когда это необходимо, главные импульсы смещения (ГИС). Другая сетка подключена к выходу разрешающего устройства совпадения (СП — разрешающее устройство совпадения, переноса). На один вход этого устройства подается импульс переноса от предыдущей триггерной ячейки, а на другой вход — сдвинутые главные импульсы смещения (СГИС).

При подаче ГИС на шину СдвБЗАУ находящийся в триггерных ячейках код сдвигается при каждом импульсе на один разряд.

Первая триггерная ячейка принимает код числа, поступающий от запоминающего устройства по шине ПЧБЗАУ (прием числа на блок запоминания арифметического устройства).

При операции приема числа с запоминающего устройства на БЗАУ первым подается ГИС, который сдвигает имевшийся в БЗАУ код на один разряд и тем самым гасит первую триггерную ячейку, подготавливая ее для приема кода числа. Вслед за этим идет импульс кода по шине ПЧБЗАУ, который принимается на первую триггерную ячейку. Следующий ГИС сдвинет код из первой ячейки во вторую и т. д. Диаграмма приема числа приведена на рис. 5.7. После того, как поступит последний разряд кода

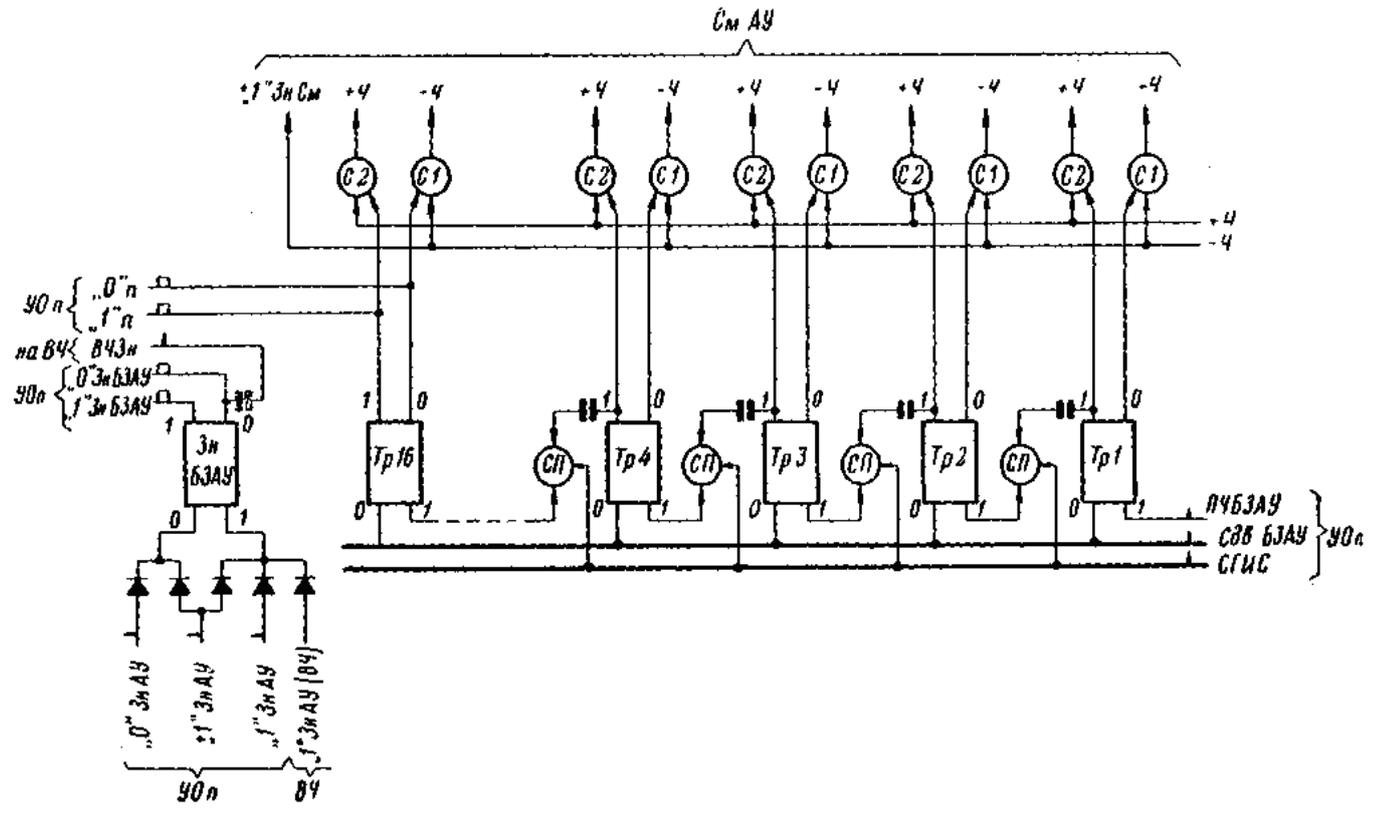


Рис. 5.6. Скелетная схема блока запоминания арифметического устройства

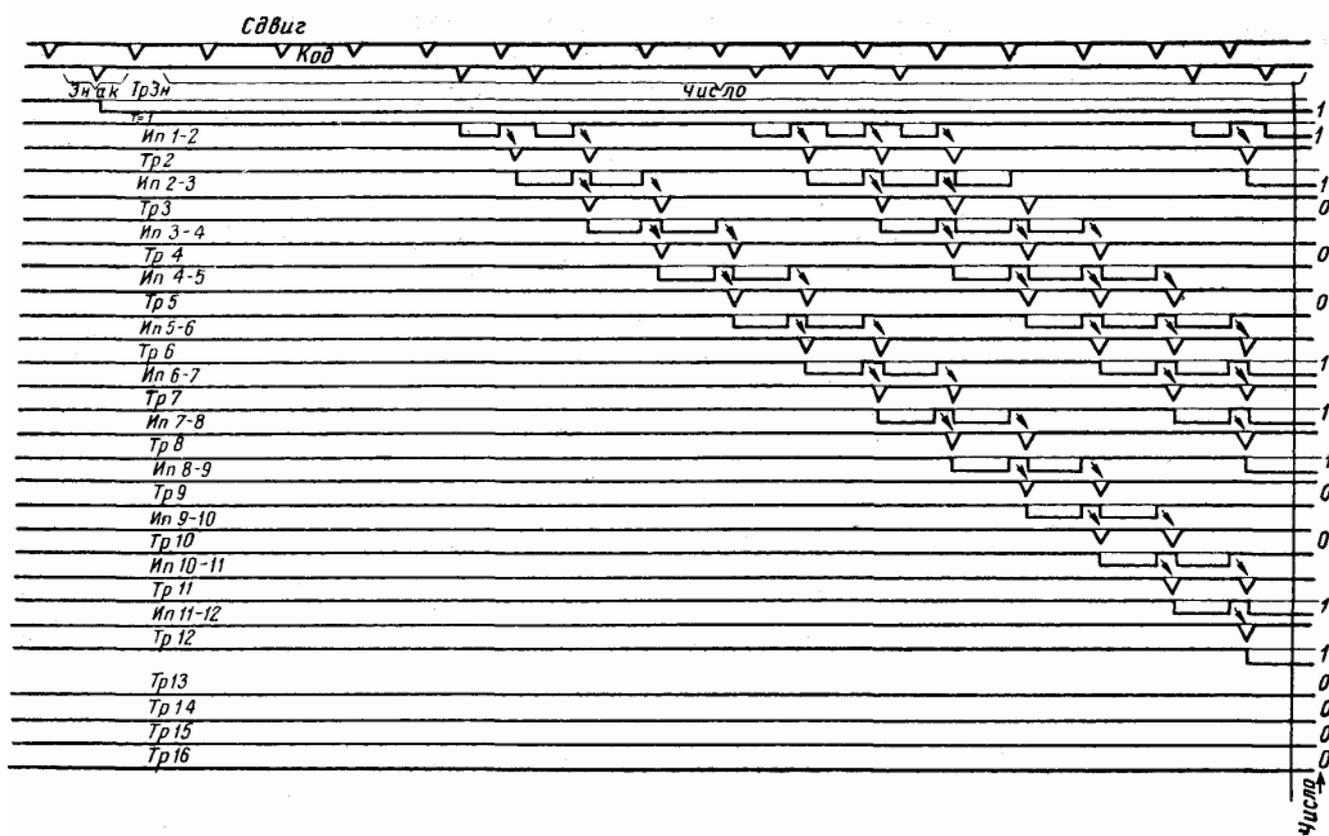


Рис. 5.7. Диаграмма приема числа

числа, т. е. после 16 ГИС, подача ГИС на шину ПЧБЗАУ прекращается и код остается запомненным в триггерных ячейках.

Ячейка знака блока запоминания арифметического устройства (ЗнБЗАУ), выполненная как счетная ячейка, имеет три входные цепи: «+1»ЗнАУ, включенную на обе сетки; «0»ЗнАУ и «1»ЗнАУ, включенные каждая на свою сетку.

При подаче управляющего импульса на «0»ЗнАУ ячейка знака устанавливается в положение кода «0», в независимости от ее первоначального положения. При подаче управляющего импульса на «1»ЗнАУ эта ячейка устанавливается в положение кода «1». Цепь «+1»ЗнАУ служит для приема кода знака числа и прибавляет к коду, имевшемуся в ячейке знака, код знака вновь принимаемого числа. Выходная цепь ячейки знака (ВЧЗн — выход числа знака) служит для вывода кода знака произведения или частного с арифметического устройства в запоминающее устройство. При передаче кода из ячейки знака, на последнюю подается гасящий импульс по шине «0»ЗнАУ, а импульс переноса поступает на шину ВЧЗн и идет в запоминающее устройство.

Операция приема числа на БЗАУ протекает в следующей последовательности:

1) предварительно устанавливается на «0» или «1» ячейка ЗнБЗАУ путем подачи управляющего импульса по цепи «0»ЗнАУ или «1»ЗнАУ (при приеме второго множителя или делителя данная операция отсутствует);

2) код знака числа поступает по шине «+1»ЗнАУ в ячейку знака и прибавляется к имеющемуся там коду;

3) поступают ГИС по шине СдвБЗАУ и код числа — по шине ПЧБЗАУ. При каждом ГИС имеющийся в триггерных ячейках код сдвигается на один разряд влево и освобождает первую триггерную ячейку для приема кода числа;

4) после приема последнего разряда кода подача ГИС прекращается и код числа остается запомненным в триггерных ячейках БЗАУ.

С БЗАУ число должно быть передано на сумматор (См) прямым или обратным кодом. Для этой цели имеются разрешающие устройства совпадения С«+Ч» — для передачи числа прямым кодом и С«-Ч» — для передачи числа обратным кодом. Одни входы этих устройств подключены к анодам триггеров, другие — к шинам «+Ч» и «-Ч».

Выходные цепи подаются на сумматор (СмАУ). При подаче импульса на шину, «+Ч» число с БЗАУ передается на сумматор прямым кодом. При подаче импульса на шину «-Ч» число с БЗАУ передается на См обратным кодом.

Управляющие импульсы поступают на блок БЗАУ от блока управления операциями (УОп).

Триггерные ячейки имеют на одном из своих анодов катодные повторители для питания сигнализационных цепей.

Для целей управления операциями от БЗАУ на блок управления операциями (УОп) передаются напряжения с анодов ячейки знака и с 16-й основной ячейки (цепи «0»ЗнБЗАУ; «1» ЗнБЗАУ; «0»  $n$  и «1»  $n$ ). Код знака на БЗАУ необходим для операции сложения и вычитания и определяет, следует ли передавать число с БЗАУ на сумматор прямым или обратным кодом. Код ячейки старшего разряда служит для управления нормализацией делителя при производстве операции деления.

*В. Сумматор арифметического устройства (СмАУ).* Сумматор арифметического устройства выполнен на триггерных ячейках. Принципиальная схема триггерной ячейки дана на рис. 5.8.

Проводящее состояние левой половины триггерной ячейки означает код «1» данного разряда. Проводящее состояние правой половины триггерной ячейки означает код «0» данного разряда. Импульсы от БЗАУ поступают через диоды на обе сетки одновременно.

Предположим, что до подачи импульса от БЗАУ проводящей была левая половина триггерной ячейки (код «1») и, следовательно, потенциал левого анода меньше, чем

потенциал правого. Сетка левой половины триггера имеет более высокий потенциал, чем сетка правой половины. Соотношения сопротивлений  $R_b$  и  $R_c$  подбираются такими, чтобы более высокий потенциал сетки был примерно равен потенциалу

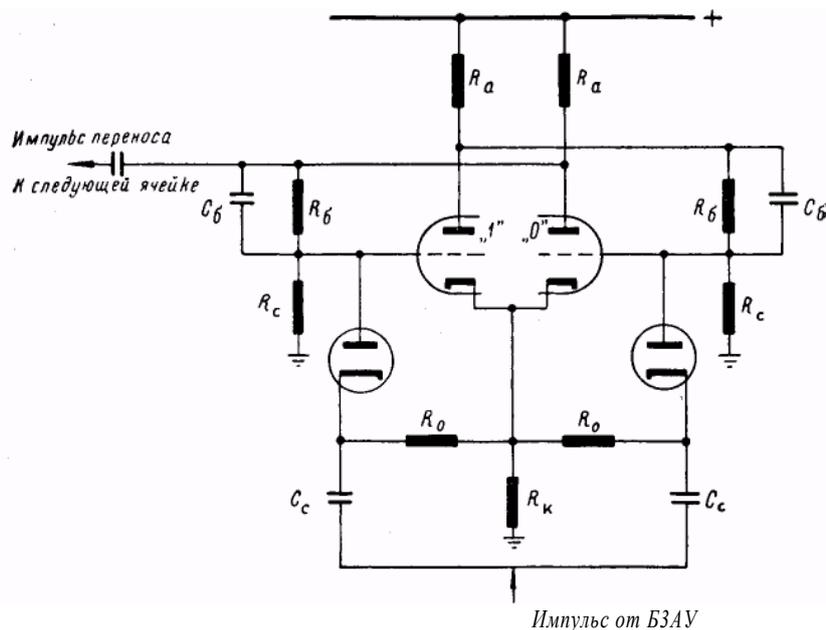


Рис. 5.8. Схема триггерной ячейки сумматора

катода. Тогда более низкий потенциал сетки будет меньше потенциала катода. При подаче отрицательного импульса через емкости  $C_c$  на оба диода, один из них будет пропускать импульс (диод, приключенный к сетке более высокого потенциала), а другой диод будет заперт отрицательным потенциалом сетки по отношению к катоду. В рассматриваемом случае импульс поступит через левый диод на сетку левой, проводящей половины триггера.

На правую сетку импульс поступать не будет. Отрицательный импульс, пришедший на сетку открытой половины лампы, вызовет переброску триггера, и проводящей станет его правая половина, т. е. образуется код «0». Напряжение на аноде правой половины резко уменьшится, и возникнет отрицательный импульс переноса к следующей ячейке. Подача следующего импульса от БЗАУ вновь перевернет триггерную ячейку из положения кода «0» в положение «1».

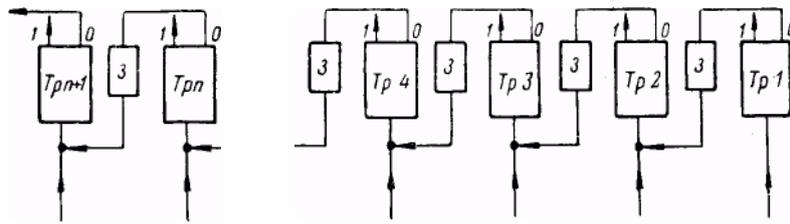
При этом напряжение на правом аноде возрастет, но импульс переноса в следующую ячейку не поступит (положительные импульсы не проходят через диоды триггерной ячейки).

Таким образом, если триггерная ячейка имела код «1», то при подаче импульса получается код «0» и возникает импульс переноса в следующую ячейку высшего разряда.

Если же триггерная ячейка имела код «0», то при подаче импульса получается код «1» и импульса переноса не возникает. Это полностью удовлетворяет условиям сложения по двоичной системе счисления.

Для того чтобы импульс переноса, поступающий в ячейку старшего разряда, не накладывался на импульс, поступающий в ту же ячейку от БЗАУ, необходимо ввести запаздывание в цепь импульса переноса. Обычное решение, применяемое для

сумматоров (рис. 5.9), дает существенное увеличение времени суммирования за счет наличия линий задержки в цепях импульсов переноса.



Импульсы от БЗАУ

Рис. 5.9. Схема сумматора с последовательными переносами

Действительно, пусть все триггерные ячейки находятся в положении кода «1» (проводящие левые половины триггеров) и к ячейке низшего разряда (ячейка 1) поступает импульс от БЗАУ. Этот импульс перевернет триггер 1 из положения кода «1» в положение кода «0». Возникший импульс переноса через время запаздывания  $t_3$  поступит на вторую ячейку и перевернет ее из положения кода «1» в положение кода «0». На третью ячейку импульс переноса поступит уже через время  $2t_3$  (считая от момента подачи основного импульса от БЗАУ); на четвертую ячейку через  $3t_3$  и т. д.; на последнюю  $n + 1$  ячейку импульс переноса поступит через время  $nt_3$ .

До окончания всех импульсов переноса нельзя подавать следующие импульсы от БЗАУ или производить выдачу результата на запоминание. Таким образом, время сложения значительно увеличивается.

Время сложения может быть существенно уменьшено, если импульсы переноса передавать не последовательно из разряда в разряд, а сразу непосредственно в надлежащие ячейки. В рассмотренном случае, например, нужно импульс переноса от первой ячейки подать одновременно во все остальные ячейки. Вторичные импульсы переноса, возникающие в последующих ячейках от прибавления к ним основного импульса переноса, должны быть устранены. Нетрудно вывести общие правила передачи импульсов переноса.

При сложении кодов двух чисел на сумматоре возникает код первоначальной суммы (до момента поступления импульсов переноса) и импульсы переноса. Импульсы переноса возникают в тех ячейках, в которых происходит сложение кодов «1» и «1». Следовательно, код первоначальной суммы данной ячейки обязательно будет «0». Поступающий от предыдущих ячеек импульс переноса может вызвать лишь переход кода рассматриваемой ячейки из положения «0» в положение «1», т.е. дальнейшего импульса переноса не будет. Таким образом, импульс переноса от предыдущих ячеек не может распространиться дальше той ячейки, в которой после получения первоначальной суммы образовался код «0». Наоборот, если после получения первоначальной суммы в какой-либо ячейке образовался код «1», то импульс переноса от предыдущих ячеек перевернет триггер рассматриваемой ячейки из положения «1» в положение «0», а следовательно, пойдет импульс переноса и на последующие ячейки. Иными словами, импульс переноса от предыдущих ячеек распространяется на те ячейки, в которых после первоначальной суммы образовался код «1». Импульс переноса поступает на своем пути во все ячейки, мимо которых он проходит, и вызывает соответствующее изменение их кодов, образуя, таким образом, окончательную сумму. Вторичные импульсы переноса, возникающие в отдельных ячейках после добавления импульса переноса, не должны уже вызывать переброс у триггеров.

Сказанное поясняется примером:

01011100101	Первое слагаемое
01010101011	Второе слагаемое
00001001110	Первоначальная сумма (до реализации импульсов переноса)
$\diagup \diagdown \diagup \diagdown$	Импульсы переноса
$\diagup \diagdown \diagup \diagdown$	Распространение импульсов переноса
10110010000	Окончательная сумма

Для схемного осуществления этих законов можно установить следующие условия:

1) основные импульсы переноса от триггерных ячеек, возникающие при первоначальном сложении кодов чисел, должны поступать в линию передачи импульсов лишь после того как триггеры займут свое новое положение, т.е. с некоторым запаздыванием;

2) импульсы переноса должны доходить лишь до той ячейки, в которой после образования первоначальной суммы будет код «0», и заходить во все попутные ячейки (имеющие код «1»), а также и в запирающую ячейку с кодом «0»;

3) вторичные импульсы переноса, возникающие в отдельных ячейках после прибавления к ним основных импульсов переноса, не должны поступать на линию передачи импульсов, для чего триггеры от импульсов переноса должны срабатывать с некоторым запаздыванием, чтобы за это время можно было бы запретить цепи передачи импульсов.

Принципиальная схема осуществления этих условий дана на рис. 5.10.

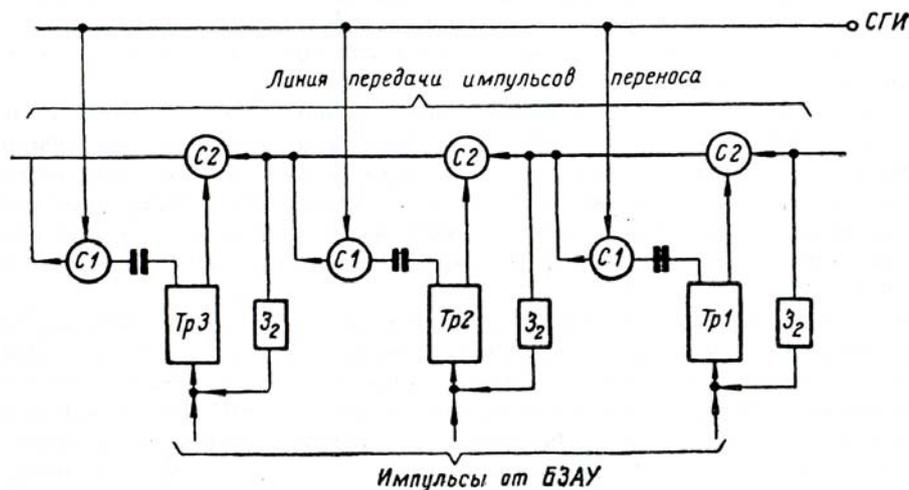


Рис. 5.10. Схема сумматора с линией передачи импульсов переноса

На шину СГИ поступают импульсы, сдвинутые относительно импульсов, поступающих от БЗАУ, на время запаздывания  $t_{31}$  (рис. 5.11). За это время триггеры должны занять свои новые положения после подачи на них импульсов от БЗАУ. Импульсы переноса поступают от триггерных ячеек на разрешающие устройства совпадения (С1).

На другой вход С1 подаются сдвинутые импульсы с шины СГИ. На выходе С1 получаются импульсы переноса, сдвинутые на время запаздывания  $t_{31}$  (рис. 5.11). (Импульсы переноса возникают лишь на тех ячейках, в которых при подаче импульсов от БЗАУ произошло изменение кода с «1» на «0»). Эти сдвинутые импульсы переноса

поступают на «линию передачи импульсов переноса», вдоль которой расположены разрешающие устройства совпадения (С2) (рис. 5.10). Эти разрешающие устройства совпадения управляются напряжением с анодов триггеров. При наличии кода «1» на данной триггерной ячейке С2 пропускают импульс переноса дальше. При наличии кода «0» С2 заперты и импульсы переноса дальше не проходят. От «линии передачи импульсов переноса» через запаздывание  $Z_2$  ( $t_{32}$ ) импульсы переноса поступают на соответствующие триггерные ячейки.

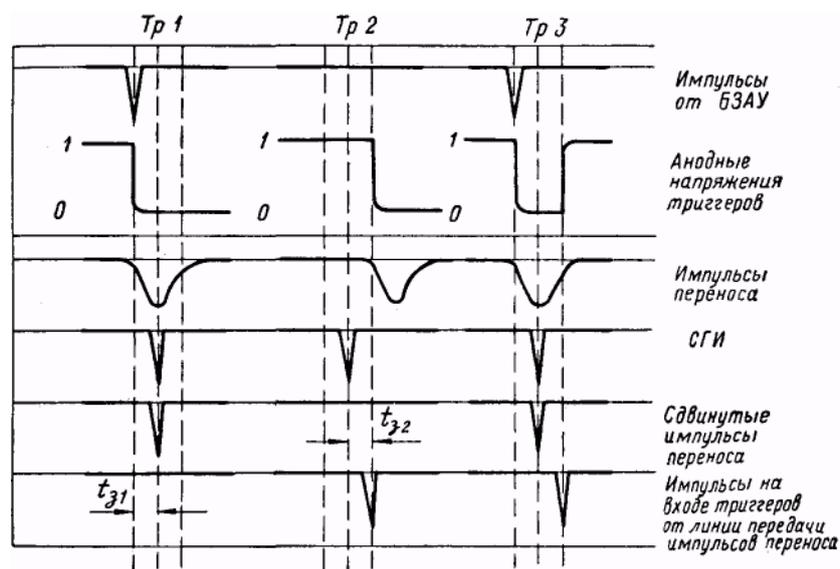


Рис. 5.11. График работы трех разрядов сумматора

Время задержки  $t_{32}$  выбирается таким, чтобы переброска триггеров от импульсов переноса происходила бы после того, как импульс СГИ окончится. В этом случае С1 будут заперты и вторичные импульсы переноса от триггерных ячеек (там где происходит изменение кода с «1» на «0») уже не поступят на «линию передачи импульсов переноса» и не смогут вызвать последующих перепадов триггеров.

На рис. 5.11 рассмотрен график работы для случая прибавления к коду на сумматоре 111 кода от БЗАУ 101. Первый триггер, получив импульс от БЗАУ, перейдет из положения кода «1» в положение кода «0» и даст импульс переноса на свое С1. Второму триггеру импульса от БЗАУ не получает и останется в положении кода «1» (импульса переноса от него нет). Третий триггер от импульса с БЗАУ перейдет из положения кода «1» в положение кода «0» и даст импульс переноса на свое С1. На выходах С1 у первого и третьего триггеров получатся сдвинутые импульсы переноса, поступающие в «линию передачи импульсов переноса». К моменту поступления сдвинутых импульсов переноса (через  $t_{31}$ ) триггеры займут уже новые положения (Tr1 — код «0»; Tr2 — код «1»; Tr3 — код «0»). С2 у второго триггера будет открыто (код Tr2 — «1»), а у третьего триггера закрыто (код Tr3 — «0»). Сдвинутый импульс переноса от первого триггера по «линии передачи импульсов переноса» поступит на вторую и третью триггерные ячейки и через время задержки  $t_{32}$  вызовет их срабатывание: второй триггер изменит свой код с «1» на «0», а третий триггер — с «0» на «1». Вторичный импульс переноса от второго триггера не сможет пройти через свое С1, так как к этому времени СГИ уже закончился и С1 заперты. Основной

импульс переноса от третьего триггера поступает на «линию передачи импульсов, переноса» и идет на последующие триггерные ячейки.

Помимо операции сложения кодов чисел, сумматор должен обеспечивать также и операцию сдвига кода числа, так как все арифметические и логические действия осуществляются этими двумя элементарными операциями. Сдвиг числа влево производится точно так же, как и на блоке запоминания арифметического устройства, а именно: на одну из сеток всех триггерных ячеек подается импульс, устанавливающий все триггерные ячейки в положение кода «0». На тех триггерных ячейках, которые до поступления импульса находились в положении кода «1», возникают импульсы переноса. С2 всех триггерных ячеек будут закрыты, так как все триггеры находятся в положении кода «0» и, следовательно, возникшие импульсы переноса попадут в соседние ячейки. Таким образом, код на сумматоре сдвинется на один разряд влево.

При производстве арифметических и логических операций необходимо в определенные заданные моменты времени иметь возможность погасить число, находящееся на сумматоре, что производится путем установки всех триггерных ячеек сумматора в положение кода «0». Для этого необходимо подать отрицательный импульс на правые сетки всех триггерных ячеек. Импульсы переноса при этом должны быть заперты, т. е. сдвинутые главные импульсы на С1 не должны подаваться.

Таким образом, каждая ячейка сумматора должна иметь (см. рис. 5.10): триггерную ячейку, разрешающее устройство совпадения для передачи импульсов переноса влево (С1) и разрешающее устройство совпадения для передачи импульсов переноса вдоль «линии передачи импульсов переноса» (С2). К триггерным ячейкам подходят цепи: 1) от блока запоминания (цепи прямого и обратного кода), которые приключаются к обеим сеткам; 2) от импульсов переноса через задерживающее устройство, эти импульсы также поступают на обе сетки; 3) от импульсов сдвига кода, которые подаются на все правые сетки. На разрешающие устройства совпадения С1 подаются сдвинутые главные импульсы (СГИ). При наличии нескольких входных цепей они присоединяются через разделительные устройства для того, чтобы одна цепь не оказывала влияния на другую. Разделительными устройствами служат обычные выпрямители, пропускающие воздействующие импульсы лишь в одном направлении.

Наиболее характерный режим работы сумматора получается в том случае, когда ко всем ячейкам периодически прибавляется «1» (при отсутствии циклического переноса). При этом триггерные ячейки последовательно проходят все состояния и наиболее полно выясняется режим работы отдельных элементов. На рис. 5.12 показана диаграмма работы для четырех ячеек сумматора при таком режиме.

Первоначально все триггерные ячейки находятся в положении кода «0» (0000). Подача импульса на все ячейки переводит их в положение кода «1» (1111). Импульсов переноса при этом не получается. Следующий импульс (2) перебрасывает все триггерные ячейки в положение кода «0» (0000). При этом со всех ячеек возникают импульсы переноса. Так как после подачи импульса все ячейки находятся в положении кода «0», то импульсы переноса по «линии передачи» не передаются (все С2 заперты) и поступают лишь на соседние ячейки. В результате, вторая, третья и четвертая триггерные ячейки перейдут в положение кода «1» (первая триггерная ячейка останется в положении кода «0»), и код будет «1110». Следующий импульс первоначально установит триггерные ячейки в положении кода «0001». При этом возникнут импульсы переноса от второй, третьей и четвертой триггерных ячеек. Через «линию передачи» импульсы переноса не пройдут (С2—3 и С2—4 заперты) и поступят лишь на соседние ячейки (на третью и четвертую).

В результате код сумматора будет «1101». Следующий импульс установит первоначально триггерные ячейки в положение кода «0010». При этом возникнут импульсы переноса от первой, третьей и четвертой триггерных ячеек. Импульс переноса от

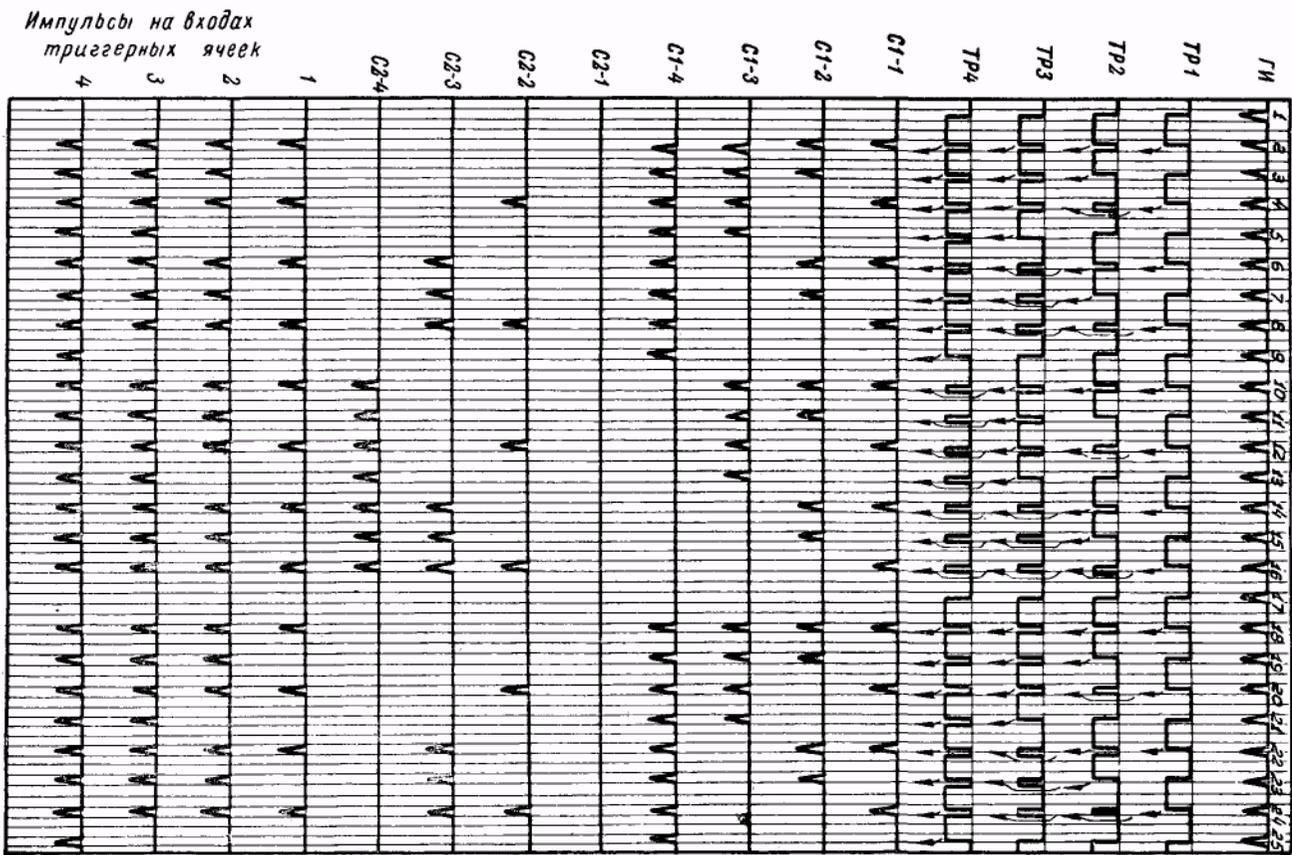


Рис. 5.12. Диаграмма работы четырех ячеек сумматора при периодическом прибавлении единицы на все разряды

первой триггерной ячейки пройдет по «линии передачи» до третьей ячейки и поступит во вторую и третью ячейки (вторая ячейка имеет код «1» и С2-2 открыты); импульсы переноса от третьей и четвертой ячеек поступят лишь в соседние. Таким образом, после поступления импульсов переноса код на сумматоре будет: «1100». Следующий импульс первоначально установит триггерные ячейки в положение «ООН». Импульсы переноса от третьей и четвертой ячеек поступят лишь в соседние ячейки и код будет «1011». При дальнейшем прибавлении импульсов код последовательно проходит следующие значения: 1010, 1001, 1000, 0111, ОНО, 0101, 0100, ООН, 0010, 0001, 0000, после чего процесс начинается снова. Перебросы отдельных триггерных ячеек и возникающие в различных цепях импульсы переноса показаны на диаграмме.

Скелетная схема сумматора показана на рис. 5.13.

Сумматор имеет 16 основных ячеек (1-16) соответственно 16 разрядам кода числа. К каждой основной ячейке подходят цепи от соответствующих ячеек БЗАУ (прямой и обратный код), а также от шин: «Сдвиг сумматора» (СдвСм) и «Сдвинутые главные импульсы левые основные» (СГИЛОс). Назначение этих цепей и работа отдельных элементов были изложены выше. Следует лишь отметить, что в «Линии передачи импульсов переноса», после каждого С2 установлены усилители. Эти усилители стандартизируют импульсы переноса, устанавливая их амплитуду одинаковой, вне зависимости от того, через сколько С2 импульсы прошли. Запаздывание во входной цепи триггерной ячейки от импульсов переноса создается несимметричным триггером.

Две ячейки знака отличаются от основных лишь тем, что на их входы подается самостоятельная цепь +ЗнСм. По этой цепи подается импульс при приеме на сумматор отрицательного числа.

Ячейки дополнительных разрядов сумматора (в количестве 15) отличаются от основных тем, что на их входы не подается цепей от блока запоминания.

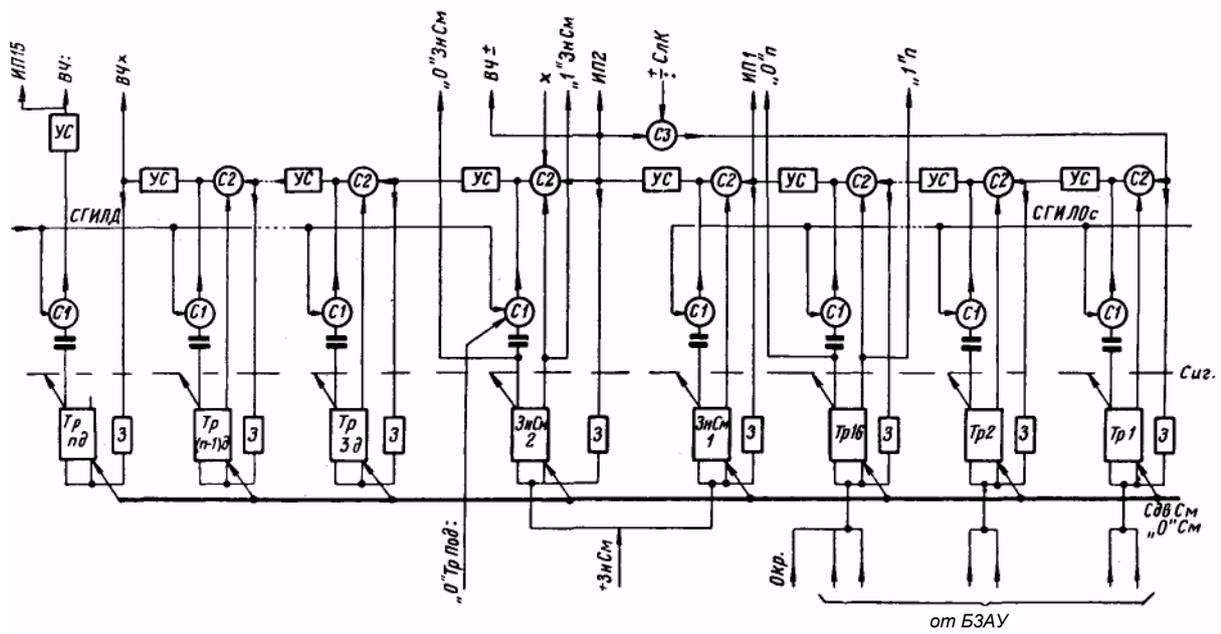
Сдвинутые главные импульсы (СГИ Лев.) разбиты на две группы (СГИЛОс — основные и СГИЛД — дополнительные). Необходимость разделения этих цепей вызывается операцией деления. При операции деления (см. пп. 3 и 4) при сложении или вычитании кодов чисел, возникающий импульс переноса из ячейки знака не должен переходить на дальнейшие дополнительные ячейки; в то же время, при сдвиге кода при делении, а также при операции умножения, импульсы переноса с ячейки знака должны проходить на следующие ячейки. Наличие самостоятельных цепей, управляющих импульсами переноса, для основных и дополнительных разрядов позволяет осуществить такое управление.

Цепочка переносов на второй ячейке знака открыта лишь при операции умножения, так как лишь при этой операции необходимо иметь сумматор с  $2n$  разрядами. Для остальных операций наличие передачи по цепочке может вызвать неправильные результаты. Для обеспечения этого С2 на второй ячейке знака имеют третий вход, на который подается управляющий потенциал лишь при операции умножения (х).

Для округления результата при умножении на вход триггерной ячейки старшего основного разряда подана дополнительная цепь (Окр).

Циклическая передача импульса переноса берется от первой ячейки знака. Циклическая передача требуется лишь при операциях сложения, вычитания, деления и сложения команд. При операции умножения циклическая передача с первой ячейки знака вызывает ошибку, так как сумматор работает с  $2n$  разрядами. Во избежание этого в цепи циклической передачи установлено разрешающее устройство совпадения СЗ, на которое подается управляющий потенциал «+, —, :, СлК». Этот управляющий потенциал возникает при операциях, для которых требуется циклическая передача.

Импульс переноса от второй ячейки знака не должен поступать на следующие дополнительные разряды при нормализации чисел в процессе подготовки деления,



Рас. 5.13. Скелетная схема сумматора

так как при этом на сумматоре находится дополнительный код числа и при нормализации на дополнительные разряды не должны поступать коды единиц. Для этой цели на С1 второй ячейки знака подан управляющий потенциал «0»ТрПод. Этот управляющий потенциал исчезает при нормализации чисел и, следовательно, на это время С1 запираются и импульсы переноса от ячейки ЗнСм2 не будут проходить.

Вывод чисел при операциях сложения и вычитания осуществляется от импульса переноса с первой ячейки знака (цепь ВЧ±), при операции умножения — от импульса переноса с предпоследней дополнительной ячейки (цепь ВЧх) и при операции деления от импульса переноса с последней дополнительной ячейки (цепь ВЧ:).

Для управления операциями выведены анодные напряжения от триггерной ячейки старшего основного разряда («0»n и «1»n). Эти управляющие напряжения служат для управления нормализацией чисел при делении. Точно так же управляющие напряжения от анодных напряжений второй ячейки знака («0»ЗнСм и «1»ЗнСм) служат для управления операцией сравнения и деления.

Для целей блокировки при выходе результата из количества располагаемых разрядов при операциях сложения и вычитания от сумматора выведены импульсы переноса старшего основного разряда (ИП1) и первой ячейки знака (ИП2).

Для сигнализации от сумматора выведены анодные напряжения всех триггерных ячеек (цепи сигн.).

*Г. Устройство для вывода результата с арифметического устройства (ВЧ).* При операциях сложения и вычитания результат на сумматоре может получиться положительный и отрицательный. Код знака суммы или разности получается в ячейке знака сумматора (ЗнСм). При коде знака «1» число на См представляется обратным кодом. При передаче его на запоминание необходимо его знак передать с ячейки ЗнСм прямым кодом, а число с остальных ячеек сумматора взять обратным кодом (обратный код от обратного кода дает прямой код). В этом случае число в запоминающем устройстве будет представлено его кодом знака и прямым кодом числа.

При операции умножения код знака произведения получается в ячейке блока запоминания (ЗнБЗАУ). При передаче произведения на запоминание необходимо передать сначала код знака с ячейки ЗнБЗАУ, а затем прямой код с предпоследней дополнительной ячейки.

При операции деления, так же как и при операции умножения, код знака частного получается в ячейке ЗнБЗАУ. При передаче частного на запоминание передается код знака с ячейки ЗнБЗАУ, а затем код самого числа с последней дополнительной ячейки.

При операциях сравнения вывод на запоминание результата не требуется. При операции сдвига вывод результата такой же, как при операциях умножения и деления.

Блок-схема устройства для вывода результата с сумматора на запоминание (ВЧ) дана на рис. 5.14.

При операциях сложения и вычитания разрешающее устройство совпадения С1 подготовлено к открытию за счет наличия возбуждающего потенциала на шине ± (от блока управления операциями — УОп). Триггер обратного кода (ТрОК1) находится в исходном положении за счет предыдущего импульса по цепи И4 (от блока центрального управления — ЦУ). В этом положении ТрОК1 разрешает открытие С3 и запирает С4. При передаче на запоминание кода знака управляющее напряжение по цепи ЗЗнА3 (запоминание знака третьего адреса) от блока ЦУ открывает С2. Одновременно подается импульс на сдвиг кода в сумматоре влево. Импульс переноса с ячейки ЗнСм по цепи ВЧ± проходит через С1 и С2, поступает на кодую шину (КШ) и передается по ней в запоминающее устройство. Одновременно этот импульс поступает на ТрОК1. Если в ячейке знака сумматора (ЗнСм) находился код «0», то

при сдвиге числа на сумматоре влево импульса переноса с ячейки ЗнСм не будет и ТрОК останется в своем начальном состоянии.

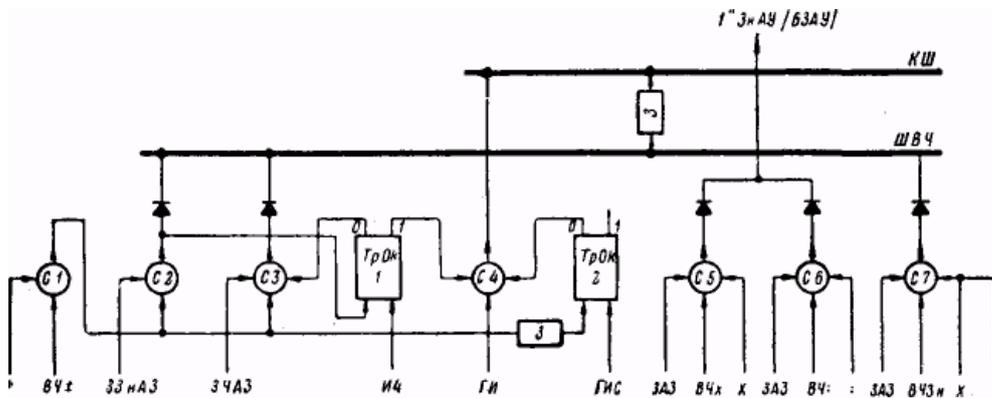


Рис. 5.14. Схема устройства для вывода результата

Если же в ячейке ЗнСм находился код «1», то при сдвиге числа на См влево по цепи ВЧ± пойдет импульс переноса, который перевернет ТрОК1. После передачи на запоминание кода знака с ячейки ЗнСм цепь ЗЗНАЗ лишается управляющего напряжения, а управляющее напряжение получается в цепи ЗЧАЗ (запоминание числа третьего адреса). При этом С2 закрывается и разрешается открытие С3. Будет ли открыто С3 или С4 зависит от положения ТрОК1. Если ТрОК1 находится в исходном положении (т. е. код знака был «0»), то открыто С3 и по цепи ВЧ± через С3 на КШ будет передаваться прямой код с сумматора). Если же ТрОК1 находится в перевернутом состоянии (т.е. код знака был «1»), то открыто С4. По цепи ВЧ± импульсы кода поступают на ТрОК2. При наличии импульса кода, ТрОК2 переходит в положение «1» и С4 закрываются, т. е. импульс ГИ, поданный на С4, не поступает на КШ. Следующий импульс ГИС установит ТрОК2 в положение «0». Если следующий импульс кода отсутствует, то ТрОК2 останется в положении «0» и импульс ГИ поступит на КШ. Таким образом, при наличии импульса кода, на КШ импульс не будет поступать, при отсутствии же импульса кода, на КШ будет поступать импульс, т. е. выдача числа производится обратным кодом.

При выводе на запоминание произведения, управляющее напряжение на шине «х» (от блока УОп) разрешает открытие С5 и С7. При возникновении управляющего напряжения в цепи ЗАЗ (запоминание третьего адреса от ЦУ), С5 и С7 открываются. С5 соединяет цепь импульсов переноса от предпоследней дополнительной ячейки (цепь ВЧх) с входной цепью ячейки знака на БЗАУ (цепь «1»ЗнАУ), а С7 при-ключает выходную цепь ячейки знака БЗАУ (цепь ВЧЗн), к шине ШВЧ. Таким образом, ячейки сумматора соединяются последовательно с ячейкой ЗнБЗАУ. По-давая на сумматор и ячейку ЗнБЗАУ импульсы, сдвигающие код влево, получим передачу произведения и его знака с арифметического устройства на запоминающее устройство через кодовую шину (КШ).

При выводе на запоминание частного, управляющее напряжение в цепи «:» (от блока УОп) разрешает открытие С6 и С7. При возникновении управляющего напряжения в цепи ЗАЗ (запоминание третьего адреса от ЦУ) С6 и С7 открываются, соединяя цепь импульсов переноса с последней дополнительной ячейки (ВЧ:) с входной цепью ячейки знака на БЗАУ (цепь «1»ЗнАУ). С7 приключает выходную цепь ячейки знака БЗАУ (цепь ВЧЗн) к шине ШВЧ. Таким образом, получается аналогичное соединение, как и при выводе на запоминание произведения. Передача

на запоминание производится точно так же, подачей импульсов, смещающих код на сумматоре и в ячейке ЗнБЗАУ.

## **6. Программы производства операций на арифметическом устройстве (рис. 5.6; 5.13; 5.14).**

### *А. Сложение.*

Операция сложения разбивается на следующие этапы:

Прием кода первого числа на БЗАУ.

Передача кода первого числа с БЗАУ на См прямым или обратным кодом в зависимости от кода знака в ячейке ЗнБЗАУ.

Прием кода второго числа на БЗАУ.

Передача кода второго числа с БЗАУ на См прямым или обратным кодом в зависимости от кода знака в ячейке ЗнБЗАУ и суммирование кодов обоих чисел на сумматоре.

Передача суммы с См на запоминающее устройство.

Для этих целей необходимо произвести следующие элементарные операции:

1. Установка См на «О» и ЗнБЗАУ на «О» (импульс в цепи «О» См и «О» ЗнАУ).  
2. Прием кода знака первого числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «+1»ЗнАУ).

3. Прием кода первого числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются ГИС по шине СдвБЗАУ).

4. Передача числа с БЗАУ на См прямым кодом (импульсы в цепи +Ч), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «О» (управляющее напряжение в цепи «0»ЗнБЗАУ) или обратным кодом (импульс в цепи «—Ч») и «+1» ЗнСм, если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «1» (управляющее напряжение в цепи «1»ЗнБЗАУ). Одновременно, для обеспечения переносов, подается импульс СГИЛОс.

5. Установка на «О» ячейки ЗнБЗАУ (импульс в цепи «О» ЗнАУ).

6. Прием кода знака второго числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «+1» ЗнАУ).

7. Прием кода второго числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются ГИС по шине СдвБЗАУ).

8. Передача с БЗАУ на См прямым кодом (импульс в цепи «+Ч»), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «О» (управляющее напряжение в цепи «О» ЗнБЗАУ) или обратным кодом (импульс в цепи «—Ч» и «+1» ЗнСм), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «1» (управляющее напряжение в цепи «1» ЗнБЗАУ). Одновременно подается импульс СГИЛОс для обеспечения переносов, возникающих при сложении кодов.

9. Передача суммы в запоминающее устройство. Подаются ГИС на шину СдвСм, одновременно подаются СГИЛОс.

Код знака и числа через блок ВЧ (см. п. 5, Г) передаются с См на шину КШ.

### *Б. Вычитание.*

Операции при вычитании остаются теми же, что и при сложении, за исключением операции 5.

5. Установка в «1» ячейки ЗнБЗАУ (импульс в цепи «1»ЗнАУ).

### *В. Умножение.*

Операция умножения разбивается на следующие этапы. Прием кода первого числа на БЗАУ (точно так же, как и для операции сложения).

Прием кода второго числа на цепь «+Ч» и производство умножения.

Округление полученного результата.

Передача произведения с См на запоминающее устройство.

Элементарные операции при умножении будут:

1. Установка См на «О» и ЗнБЗАУ на «О» (импульс в цепи «О» См и «О» ЗнАУ).

2. Прием кода знака первого числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «+1»ЗнАУ).

3. Прием кода первого числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются ГИС по шине СдвБЗАУ).

Примечание. Операции 1—3 те же, что и для сложения.

4. Отсутствует.

5. Отсутствует.

6. Прием кода знака второго числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «+»ЗнАУ и складывается с имевшимся там кодом).

7. Прием кода второго числа на шину «+Ч» и одновременно подача ГИС на шину СдвСм. При наличии импульса в цепи +4, а также при каждом ГИС одновременно подаются импульсы СГИЛОс и СГИЛД для обеспечения прохождения импульсов переноса. Операция 7 начинается с импульса ГИС и оканчивается возможным последним импульсом кода второго числа.

8. Подается импульс на цепь Окр.

9. Передача произведения в запоминающее устройство. Подаются ГИС на шину СдвСм, одновременно подаются СГИЛОс и СГИЛД. Код знака и числа через блок ВЧ (см. п. 5, Г) передается с АУ на шину КШ.

*Г. Деление.*

Операция деления разбивается на следующие этапы:

Прием кода первого числа на БЗАУ (точно так же, как и для операции сложения).

Передача кода первого числа с БЗАУ на См обратным кодом. Прием кода второго числа на БЗАУ.

Нормализация кодов на БЗАУ и на См (сдвиг кодов влево до тех пор, пока в старших разрядах не будут значащие цифры). Производство деления.

Передача частного с См на запоминающее устройство.

Элементарные операции при делении будут:

1. Установка См на «О» и ЗнБЗАУ на «О» (импульс в цепи «О» См и «О» ЗнАУ).

2. Прием кода знака первого числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «+1» ЗнАУ).

3. Прием кода первого числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются импульсы ГИС по шине СдвБЗАУ).

4. Передача числа с БЗАУ на См обратным кодом (импульс в цепях —Ч и «+1»ЗнСм).

5. Отсутствует.

6. Прием кода знака второго числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «+1»ЗнАУ и складывается с кодом знака первого числа).

7. Прием кода второго числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются ГИС по шине СдвБЗАУ).

8. Коды чисел на БЗАУ и См сдвигаются влево (подаются импульсы ГИС на шины СдвБЗАУ и СдвСм, одновременно также подаются СГИЛОс для обеспечения переноса на См), сдвиг продолжается до тех пор, пока в старшем разряде БЗАУ не окажется код «1» (наличие управляющего напряжения в цепи «1»пБЗАУ), а в старшем разряде сумматора не будет кода «О» (управляющее напряжение в цепи «0»пСм). Разность в сдвигах на БЗАУ и См запоминается в специальном счетчике.

9. Производится операция деления, для чего к коду на См прибавляется прямой или обратный код с БЗАУ.

После каждого прибавления кода с БЗАУ на См, вновь полученный код на См сдвигается на один разряд влево. Обратный код прибавляется (импульс в цепи —Ч и «+1»ЗнСм) в тех случаях, когда ячейка Зн2См имеет код «О». Если же ячейка Зн2См имеет код «1», то прибавляется прямой код (импульс в цепи +4). При прибавлении

прямого или обратного кода с БЗАУ на См, одновременно на См подаются СГИЛОс для обеспечения переносов на основном сумматоре (СГИЛД подавать нельзя, так как это искажает результаты). При сдвиге числа на См подаются ГИС по цепи СдвСм, а также одновременно СГИЛОс и СГИЛД для обеспечения сдвига как на основных, так и на дополнительных разрядах. Операция деления начинается с прибавления кода и заканчивается также прибавлением кода. Количество элементарных операций деления определяется специальным счетчиком и должно быть равно:

$$r + (q - p) + 1,$$

где  $r$  — место положения запятой, а  $(q - p)$  — разность сдвигов кодов на БЗАЭ и См (см. п. 3).

10. Передача частного с См на запоминающее устройство. Подаются ГИС на шину СдвСм, одновременно подаются СГИЛОс и СГИЛД. Код знака и числа через блок ВЧ; (см. п. 5, Г) передается с АУ на шину КШ.

*Д. Сдвиг числа.*

Операция сдвига осуществляется при помощи умножения или деления заданного числа на величину  $2^k$ , где  $k$  — количество разрядов, на которое нужно сдвинуть число. Если для сдвига используется умножение, то элементарная операция 8 отсутствует.

*Е. Сравнение с учетом знаков.*

Операция сравнения чисел с учетом их знаков ничем не отличается от операции вычитания, за исключением того, что результат не передается в запоминающее устройство, а воздействует на порядок дальнейшего чередования команд. Элементарные операции 1-8 — те же, что и для вычитания.

9. Если код знака на См будет «0», то идет следующая по номеру команда (управляющее напряжение в цепи «0»ЗнСм). Если код знака на См будет «1» (первое число равно или меньше второго), то номер следующей команды указан в третьем адресе команды сравнения (управляющее напряжение в цепи «1»ЗнСм).

*Ж. Сравнение по абсолютной величине.*

Операция сравнения двух чисел по их абсолютной величине производится так же, как и сравнение двух чисел с учетом их знаков. Отличие заключается лишь в том, что коды чисел передаются на См без учета их знаков. Соответственно элементарные операции будут:

1. Установка См на «0» и ЗнБЗАУ на «0» (импульс в цепи «0»См и «0»ЗнАУ).
2. Прием кода знака первого числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «<<+1»ЗнАУ). Операция может отсутствовать и введена для однотипности.
3. Прием кода первого числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются ГИС по шине СдвБЗАУ).
4. Передача числа с БЗАУ на См прямым кодом (импульс в цепи +Ч). Одновременно подается импульс СГИЛОс для обеспечения переносов.
5. Отсутствует.
6. Прием кода знака второго числа в ячейку ЗнБЗАУ (код знака поступает по цепи «<<+»ЗнАУ). Операция может отсутствовать и введена для однотипности.
7. Прием кода второго числа на БЗАУ (код числа поступает по цепи ПЧБЗАУ, одновременно подаются ГИС по цепи СдвБЗАУ).
8. Передача числа с БЗАУ на См обратным кодом (импульс в цепях —Ч и «+1»ЗнСм, одновременно подается импульс СГИЛОс для обеспечения переносов).
9. То же что и при сравнении с учетом знака.
3. *Сложение команд.*

Сложение команд отличается от обычного сложения чисел лишь элементарной операцией 8.

8. Передача числа с БЗАУ на См прямым кодом (импульс в цепи +Ч). Одновременно подается импульс СГИЛЮс для обеспечения переносов при сложении кодов.

*И. Остальные операции.*

В остальных операциях арифметическое устройство не участвует и выполнение их будет рассмотрено ниже.

**7. Электронное запоминающее устройство (ЭЗ).** Запоминающее устройство выполнено на триггерных ячейках.

Для кодов чисел каждый элемент запоминающего устройства имеет 17 ячеек (16 ячеек для кода числа и одна ячейка для кода знака). Всего в машине предусмотрен 31 запоминающий элемент для кодов чисел. Для кодов команд элемент запоминающего устройства имеет 20 ячеек (4 ячейки для кода операции, 5 ячеек для первого адреса, 5 ячеек для второго адреса и 6 ячеек для третьего адреса). Всего в машине предусмотрено 63 запоминающих элемента для кодов команд.

Блок-схема элемента запоминающего устройства дана на рис. 7.1. Импульсы сдвига (ГИС) поступают на одну из сеток каждой триггерной ячейки. Импульс переноса от триггерной ячейки поступает на колебательный контур, состоящий из двух взаимно связанных индуктивностей и емкостей (рис. 7.2).

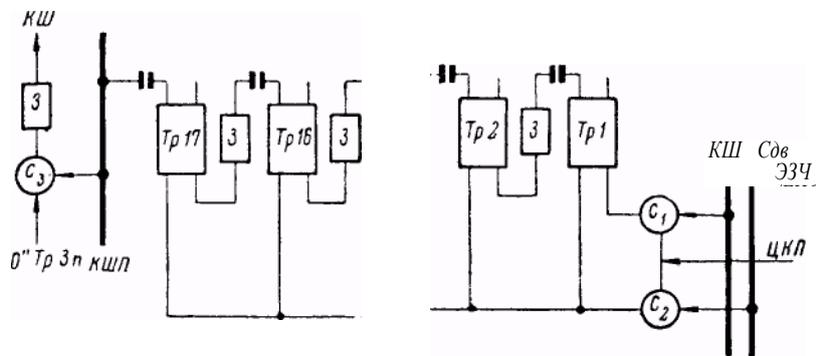


Рис. 7.1. Схема элемента электронного запоминающего устройства

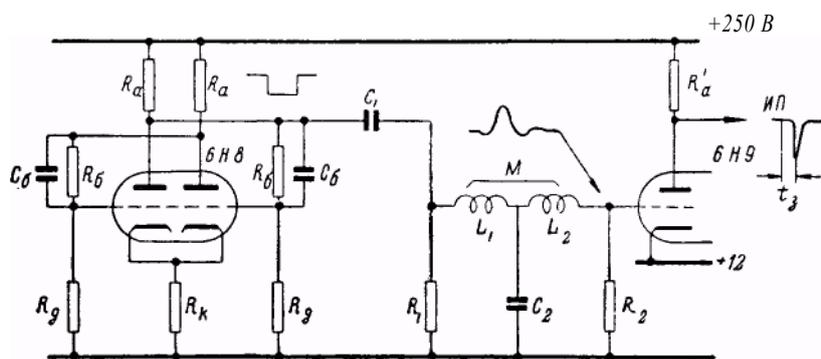


Рис. 7.2. Схема образования задержки импульсов переноса

Колебательный процесс, возбуждаемый изменением анодного напряжения триггера, вызывает появление на сетке усилителя положительного импульса, сдвинутого

относительно начала переходного процесса на величину задержки ( $t_3$ ). Параметры колебательного контура выбраны таким образом, что обеспечивается достаточная задержка для надежного срабатывания триггера от импульса переноса. Выход усилителя приключен к сетке последующего триггера. При подаче импульсов сдвига (ГИС) каждый импульс сдвигает код, находящийся в триггерных ячейках, на один разряд. Код, находящийся в элементах запоминающего устройства (ЭЗ или ЭЗК), при выдаче его во внешнюю цепь (на кодовую шину КШ) должен остаться неизменным также и на ЭЗ (или ЭЗК). С другой стороны, при приеме кода на ЭЗ или ЭЗК, имевшийся в нем код должен быть заменен новым. Это обеспечивается схемой управления ЭЗ, изображенной на рис. 7.1 и 7.3.

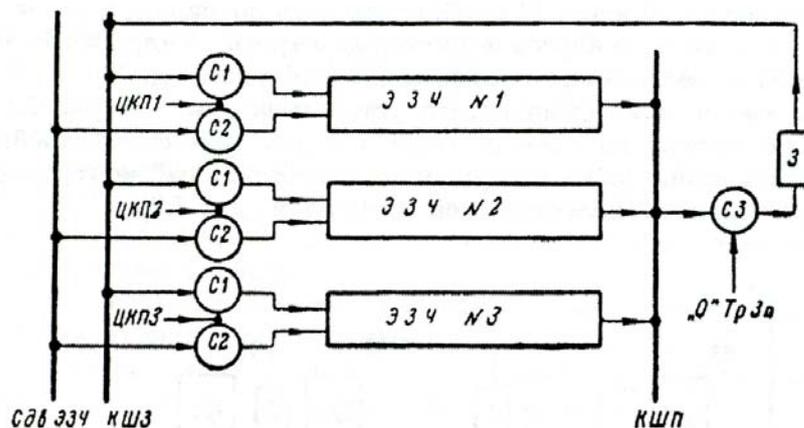


Рис. 7.3. Схема управления электронными запоминающими устройствами

При передаче кода с ЭЗ возбуждается цепь ЦКП от центрального коммутатора. При этом открываются разрешающие устройства совпадения С1 и С2. Главные импульсы сдвига (ГИС) через С2 поступают на ЭЗ и вызывают сдвиг кода (каждый импульс сдвигает код в ЭЗ на один разряд). Выходной импульс кода с ЭЗ через кодовую шину передачи (КШП) и открытое С3 (С3 открыто, так как при взятии числа имеется управляющий потенциал на цепи «0»ТрЗя), а также через задерживающее устройство (3) поступает на кодовую шину КШ. По КШ импульс идет во внешнюю сеть (например, на БЗАУ), а также через С1 возвращается на первую ячейку ЭЗ, которая к этому времени имеет код «0». Через 17 импульсов (для ЭЗК — 20 импульсов), соответственно количеству ячеек в ЭЗ, управляющее напряжение с цепи ЦКП снимается, импульсы сдвига на ЭЗ не поступают, код, который находится в ЭЗ, полностью возвратится в него и, кроме того поступит во внешнюю сеть. Величина задержки 3 должна быть достаточной, чтобы импульс кода прошел после того, как триггерные ячейки ЭЗ и других элементов машины установятся в своем новом состоянии после подачи импульса сдвига (ГИС). Величина задержки принята равной примерно половине времени между двумя импульсами ГИС (т. е. импульсы кода примерно совпадают с ГИ). Устройство задержки осуществлено в виде несимметричного триггера и сделано общим для группы ЭЗ, находящейся на одной панели (рис. 7.3).

При запоминании кода на ЭЗ снимается управляющее напряжение «0»ТрЗя на С3. Управляющий потенциал ЦКП открывает С1 и С2. Импульсы сдвига (ГИС) через С2 поступают на ЭЗ и сдвигают находящийся в нем код влево, освобождая первые ячейки. Код числа приходит по шине КШ и через С1 принимается первой ячейкой ЭЗ. Первым приходит импульс сдвига (ГИС), который сдвигает имевшийся в ЭЗ код на один разряд и тем самым гасит первую ячейку, подготавливая ее для приема

кода. Вслед за импульсом сдвига идет импульс кода (передача кода с АУ производится импульсами, совпадающими приблизительно с ГИ), который принимается на первую ячейку. Следующий ГИС сдвигает код из первой ячейки во вторую и т. д. Через 17 импульсов (для ЭЗК через 20 импульсов) соответственно количеству ячеек в ЭЗ, управляющее напряжение в цепи ЦКП снимается, импульсы сдвига на ЭЗ не поступают, и новый код будет запомнен в ЭЗ. При сдвиге кода на ЭЗ выходные импульсы во внешнюю сеть не поступают, так как СЗ закрыто.

Схема управления для элементов запоминания команд (ЭЗК) ничем не отличается от схемы управления ЭЗ и поэтому здесь не приводится.

Элементы запоминающего устройства выполнены на лампах 6Н8. Конструктивно каждые две ячейки расположены на самостоятельном каркасе. Каждый элемент запоминающего устройства собирается из ряда таких блоков. Подобное решение обеспечивает быструю замену одного из блоков в случае появления в нем какой-либо неисправности.

**8. Штеккерное запоминающее устройство (ШЗУ).** Значительная часть исходных данных, вводимых в машину, не изменяется на протяжении данного расчета. Построение программ вычислений предусматривает наличие как неизменных, так и изменяющихся (оперативных) чисел и команд.

В машине можно одновременно использовать в расчетах те и другие виды кодов. Для хранения неизменяющихся кодов чисел и команд имеется специальное штеккерное запоминающее устройство. Штеккерное запоминающее устройство (рис. 8.1) состоит из горизонтальных и вертикальных шин. Соединение между собой горизонтальных и вертикальных шин осуществляется штеккерами через диоды. Набором штеккеров в горизонтальном ряду осуществляется установка требуемого кода числа или команды. Количество горизонтальных рядов определяет емкость штеккерного запоминающего устройства. Количество вертикальных рядов соответствует количеству разрядов кода.

Выдача кода со штеккерного запоминающего устройства осуществляется путем подачи импульса на соответствующую горизонтальную шину. В тех местах, где вставлены штеккеры, импульс с горизонтальной шины переходит на вертикальные шины. Наличие диодов препятствует ложному прохождению этих импульсов с вертикальных шин на другие шины. Выборка требуемой горизонтальной шины производится центральным коммутатором в соответствии с кодом номера заданного числа на блоке запоминания команд. Управляющее напряжение с центрального коммутатора через емкость поступает на горизонтальную шину и образует на ней требуемый импульс.

Импульсы с вертикальных шин поступают на блок запоминания штеккерного устройства (БЗШЗЧ) через разрешающие устройства совпадения СЧ. Разрешающие устройства совпадения СЧ пропускают коды с ШЗЧ на БЗШЗЧ лишь в тех случаях, когда задано взятие числа из этого запоминающего устройства (наличие импульса в цепи ПЧШЗЧ).

Принятый на БЗШЗЧ код затем передается на кодовую шину КШ. Блок БЗШЗЧ состоит из триггерных ячеек. На одну сетку всех ячеек подаются импульсы сдвига. На другую сетку поступает импульс переноса точно так же, как это осуществляется в электронных запоминающих устройствах. Кроме того, на эти же сетки подаются импульсы с вертикальных шин. Таким образом, этот блок преобразует поступление кода из параллельного в последовательный.

Штеккерное запоминающее устройство выполнено для 31 числа и 63 команд.

Управление штеккерным запоминающим устройством осуществляется при помощи блока УШЗУ, схема которого дана на рис. 8.2. Коммутатор для штеккерного запоминания команд (ШЗК), кроме вертикальных шин, соответствующих разрядам

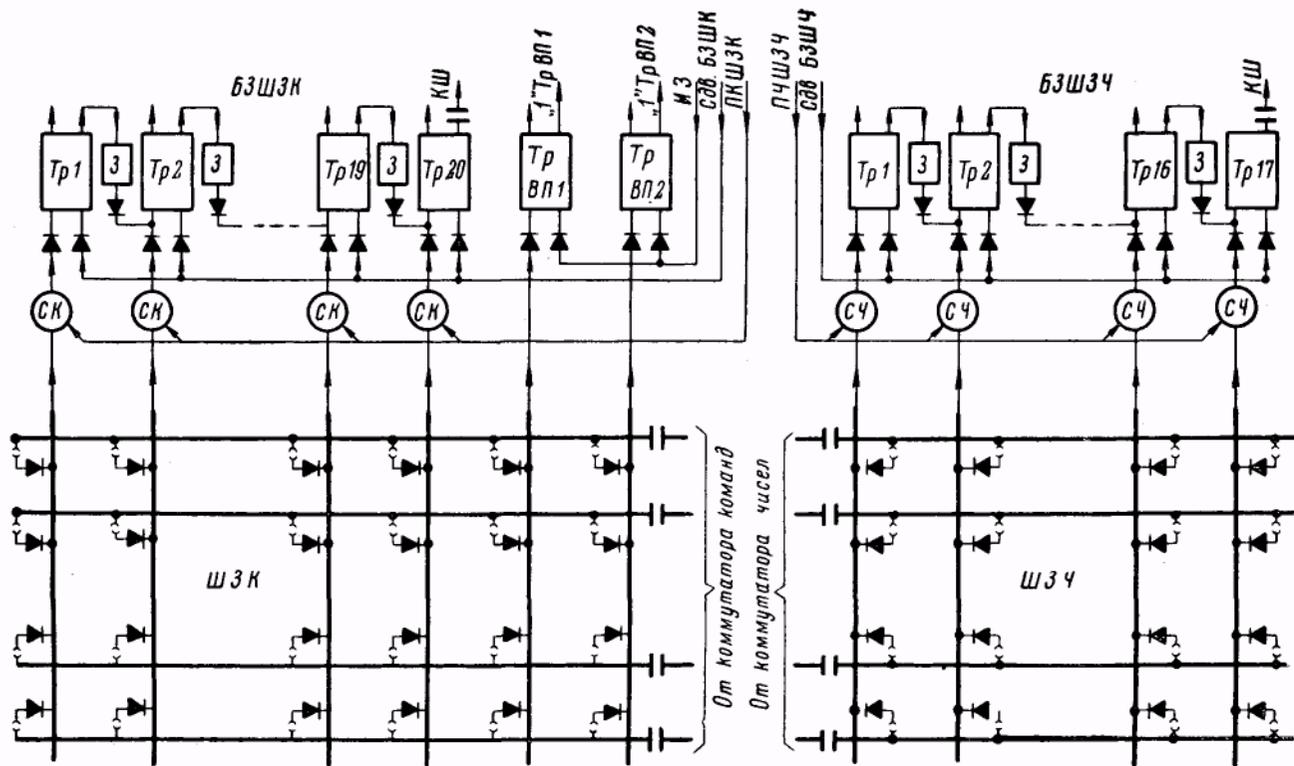


Рис. 8.1. Штекерное запоминающее устройство

команды, имеет две дополнительные вертикальные шины, управляющие вспомогательными триггерами ВП1 и ВП2 (рис. 8.1). Эти шины предназначены для выбора вида запоминающего» устройства чисел (ЭЗЧ или ШЗЧ). Если в какой-либо команде,

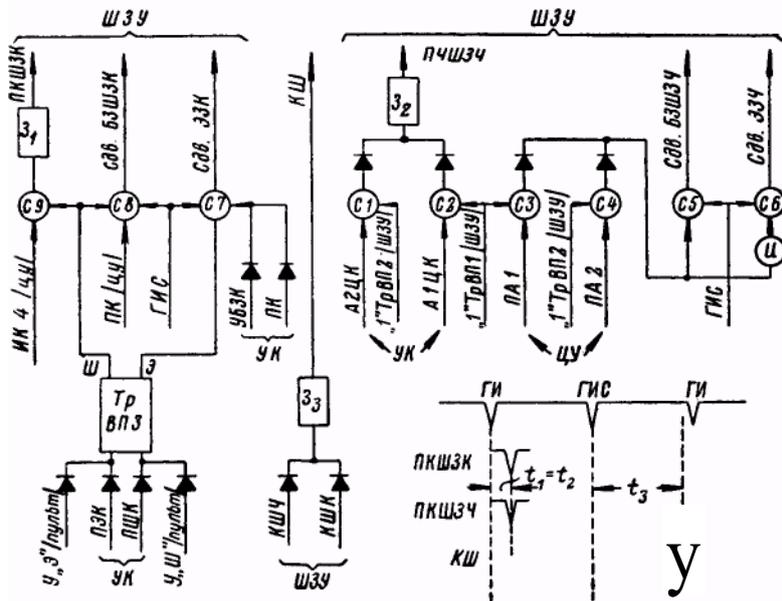


Рис. 8.2. Управление штеккерным запоминающим устройством

набранной на ШЗК, установлен штеккер в гнездо, замыкающее данную горизонтальную шину с шиной ВП1, то это обозначает, что число, код номера которого указан в первом адресе команды, следует взять из штеккерного запоминающего устройства; если же штеккер вставлен в гнездо шины ВП2, то из штеккерного запоминающего устройства нужно взять число, номер которого указан во втором адресе команды. Если числа берутся из электронного запоминающего устройства (ЭЗЧ), то штеккеры в гнезда шин ВП1 и ВП2 не вставляются. Выбор типа запоминания команд (ЭЗК или ШЗК) осуществляется при помощи триггера ВПЗ (рис. 8.2).

Импульсами ПЭК или ПШК (поступающими от УК) этот триггер устанавливается либо в положение «Ш» (если команда берется от штеккерного запоминающего устройства), либо в положение «Э» (если команда берется от электронного запоминающего устройства).

Перечисленные режимы работы осуществляются следующим образом.

При отсутствии управляющих потенциалов на шинах «1»ТрВП1 и «1»ТрВП2, т. е. когда эти триггеры находятся в нулевом положении, разрешающие устройства совпадения С1, С2, С3 и С4 закрыты и на С5 отсутствует управляющий потенциал. Ввиду наличия потенциального инвертора «И» на вход С6 подан управляющий потенциал; С6 открыты и импульсы сдвига ГИС через С6 проходят на шину СдвЭЗЧ, обеспечивая передачу числа с электронного запоминания.

Если вставлен штеккер в гнездо шины ВП1, на цепи «1»ТрВП1 появляется управляющий потенциал; открываются разрешающие устройства совпадения С2 и С3. Через С2 импульс А1ЦК (поступающий от УК в момент ИЗн1) поступает на шину ПЧШЗЧ через линию задержки З2 и передает код числа от ШЗЧ на БЗШЗЧ. Одновременно через С3 на вход С5 поступает управляющий потенциал ПА1, С5

открывается, а С6, ввиду наличия потенциального инвертора, закрывается. Импульсы сдвига ГИС на протяжении ПА1 проходят на шину СдвБЗШЗЧ, обеспечивая передачу числа со штеккерного запоминающего устройства чисел на протяжении ПА1. Аналогично происходит передача числа на протяжении ПА2, через С4, если управление получено от триггера ВП2.

Триггер ВП3 перед началом работы может быть установлен в положение «Ш» (импульс по цепи У«Ш» от пульта управления) или в положение «Э» — импульсом по цепи У«Э».

Если программа расчетов начинается со штеккерного запоминания команд (что имеет место в большинстве случаев), то ТрВП3 должен быть установлен в положение «Ш». При этом открываются разрешающие устройства совпадения С8 и С9. Через С9 импульс ИК4 (от ЦУ) поступает на шину ПКШЗК через линию задержки З1 (и передает код команды с ШЗК на БЗШЗК. Через С8 на шину СдвБЗШЗК поступают импульсы сдвига ГИС на протяжении потенциала ПК (от ЦУ). Эти импульсы передают команду с блока БЗШЗК на кодовую шину. Если по программе расчетов следует перейти к работе от электронного запоминающего устройства команд (ЭЗК), то поступает импульс по цепи ПЭК (от УК). Этот импульс переводит триггер ВП3 в положение «Э», С8 и С9 закрываются, а управляющий потенциал подается на С7. При этом импульсы сдвига на протяжении ПК проходят через С7 на шину СдвЭЗК, чем обеспечивается работа оперативных ячеек запоминания команд. На вход С7 через диодное устройство подан также потенциал УБЗК для первоначального ввода данных в элементы ЭЗК.

Выходы блоков БЗШЗЧ и БЗШЗК поступают на шины КШЧ и КШК, объединяемые диодным устройством в общую шину КШ. Назначение задержки З<sub>3</sub> (выполненной в виде несимметричного триггера) — такое же, как в блоках ЭЗЧ — приблизить импульсы кода, поступающие с блоков БЗШЗК, к импульсам ГИ. Задержки З1 и З2 обеспечивают надежное формирование импульсов, передающих коды чисел и команд с ШЗК и ШЗЧ на БЗШЗК и БЗШЗЧ.

**9. Блок центрального управления (ЦУ).** Управление всей машиной производится, как правило, от блока центрального управления (ЦУ). Рабочий цикл машины (см. п. 2) складывается из четырех тактов. В первом такте производится прием первого числа, во втором такте — прием второго числа, в третьем такте происходит передача результата в запоминающее устройство и в четвертом такте — прием новой команды. Между отдельными тактами должны быть промежутки времени для подготовки и включения тех или иных цепей, а также для выполнения различных операций. В отдельных случаях требуется передача управления машиной с блока центрального управления на местное управление (например, при производстве операции деления). В связи с этим в блоке центрального управления предусмотрена возможность остановки его работы и последующего запуска. Эти цепи используются также и для аварийного останова машины, например, при выходе результата из числа располагаемых разрядов.

При последовательном вводе чисел и команд необходимо, чтобы в каждом такте было определенное количество импульсов. Код команды требует для своей передачи 20 импульсов. Ввиду необходимости наличия интервалов между передачами кодов для целей управления, продолжительность каждого такта принята равной 22 импульсам.

Система управления операциями требует на протяжении каждого такта наличия управляющих потенциалов и импульсов, указанных на диаграмме работы ЦУ (рис. 9.1).

Потенциалы А1, А2, А3, А4 возникают и существуют на протяжении всех 22 импульсов каждого такта и служат для сигнализации.

Потенциалы ПК1—ПК4 возникают через два импульса после начала каждого такта, длятся на протяжении оставшихся 20 импульсов и служат для управления передачей команд с магнитного барабана на оперативные ЭЗК и обратно. ПК4, кроме того, управляет вводом новой очередной команды в БЗК.

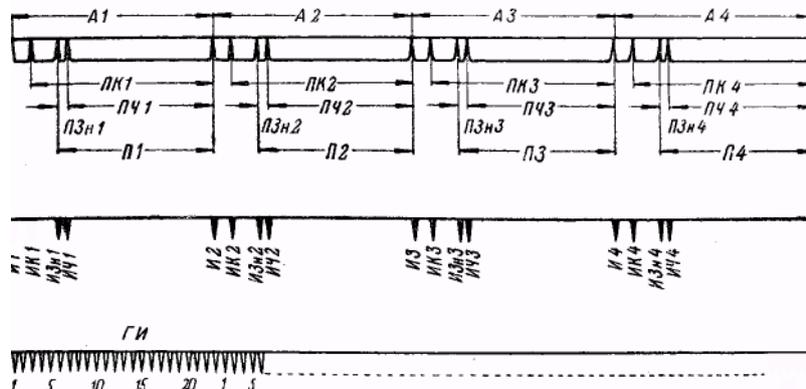


Рис. 9.1. Диаграмма работы блока центрального управления

Потенциалы ПА1—ПА3 возникают через пять импульсов после начала такта, длятся на протяжении оставшихся семнадцати импульсов и служат для управления передачей и приемом чисел с ЭЗ на сумматор и обратно, а также для управления магнитным запоминанием чисел и считыванием. Потенциалы ПЗн1-ПЗн3 возникают одновременно с потенциалами ПА1-ПА3, но длятся только в течение одного интервала между двумя импульсами, служат для управления передачей знака числа с ЭЗ на сумматор и обратно.

Потенциалы ПЧ1—ПЧ3 возникают через 6 импульсов после начала адреса, длятся на протяжении оставшихся 16 импульсов и служат для управления передачей числа с ЭЗ на сумматор.

В начале каждого из указанных разрешающих потенциалов возникают управляющие импульсы: И1-И4, ИК1-ИК4, ИЗн1-ИЗн3, ИЧ1-ИЧ3. Эти импульсы через блок УК и другие блоки управляют работой машины. Так как некоторые операции, выполняемые машиной, требуют управления от идентичных импульсов на всех адресах, в блоке ЦУ предусмотрено объединение управляющих импульсов: И, ИК, ИЗн, ИЧ. Также объединен на всех адресах управляющий потенциал ПК.

Цикличность работы ЦУ, предусматривающая повторение тактов через каждые 22 импульса, осуществляется при помощи пятиэлементного триггерного счетчика Тр4, Тр5, Тр6, Тр7, Тр8 с возвратами от выхода пятого каскада на второй и чет-вертый каскады (рис. 9.2). Чередувание тактов в порядке следования одного за другим во времени осуществляется при помощи двухкаскадного счетчика тактов СчТкт и коммутатора тактов КТкт. На вход СчТкт поступает выходной импульс Тр8 через каждые 22 импульса. Каждый поступающий на вход СчТкт импульс меняет положение триггеров счетчика. Выходы всех четырех анодов СчТкт поданы на вход КТкт. На четырех выходах поочередно возникает управляющий потенциал, соответствующий четырем тактам. Образование потенциала ПЗн производится при помощи диодного устройства, к которому подведены потенциалы единичных анодов Тр4, Тр5, Тр6, Тр7 и нулевого анода Тр8. Так как эти потенциалы поданы на аноды диодов, катоды которых объединены вместе, то низкий (управляющий) потенциал

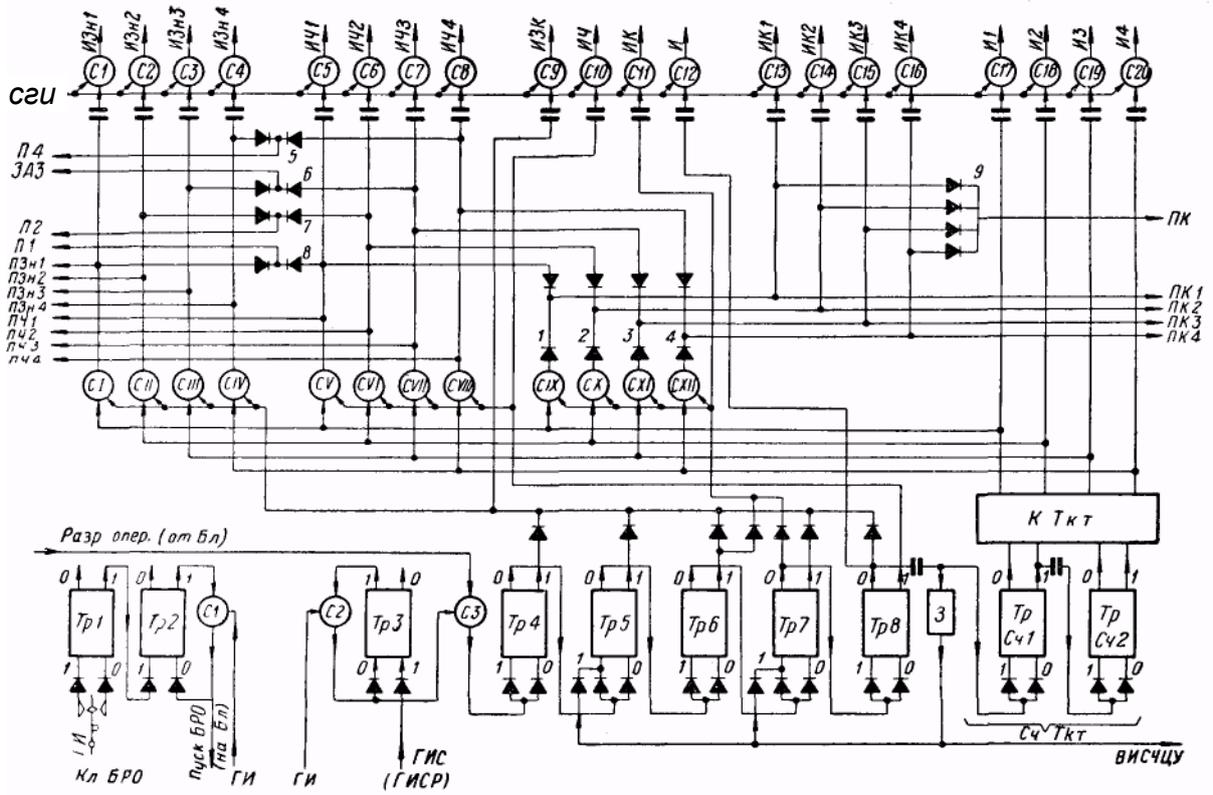


Рис. 9.2. Схема блока центрального управления

будет на выходе диодного устройства тогда и только тогда, когда на всех пяти его входах будет низкий потенциал.

За каждый цикл работы счетчика такое положение будет только один раз, в течение одного интервала между двумя импульсами.

Образование ПЗн1—ПЗн4 производится при помощи разрешающих устройств совпадения С1, СII, СIII и CIV, на один из входов которых подается ПЗн, а на второй — потенциал, соответствующий данному адресу с коммутатора тактов. Потенциалы ПЧ совпадают с потенциалами единичного анода Тр8, т. е. они расположены между седьмым и двадцать вторым импульсами в каждом такте. Образование ПЧ1—ПЧ4 производится при помощи CV, CVI, CVII и CVIII, на один из входов которых подается через усилитель потенциал единичного анода Тр8, а на второй — соответствующий выход с коммутатора тактов.

Потенциалы ПК образуются следующим образом: на диодное устройство подаются потенциалы с единичного анода Тр6 и с нулевого анода Тр7. На выходе диодного устройства низкий потенциал будет только тогда, когда на обоих его входах потенциал будет низкий. Такое положение возникает один раз на протяжении каждого такта в течение времени, равного длительности низкого потенциала на единичном аноде Тр6 между третьим и седьмым импульсами каждого такта. Выход с диодного устройства подается на один из входов СIX, CX, CXI, CXII, на второй вход которых поступает соответствующий выход с КТкт. Выходы СIX, CX, CXI и CXII включены на диодные устройства 1, 2, 3 и 4, на вторые входы которых подаются соответственно потенциалы ПЧ1, ПЧ2, ПЧ3 и ПЧ4. Диодные устройства 1,2,3 и 4 работают как сумматоры подаваемых на их вход низких потенциалов, поэтому на выходе 1, 2, 3, 4 образуются ПК1, ПК2, ПК3 и ПК4.

Образование общего для всех тактов потенциала ПК производится на диодном устройстве 9, на входы которого подаются ПК1, ПК2, ПК3, ПК4.

Образование потенциалов П1, П2, П4 и ЗАЗ производится на диодных устройствах 5, 6, 7 и 8, на входы которых подаются соответственно ПЗн1 и ПЧ1, ПЗн2 и ПЧ2, ПЗн3 и ПЧ3, ПЗн4 и ПЧ4.

Управляющие импульсы образуются путем дифференцирования переднего фронта соответствующих управляющих потенциалов.

Кривая, образующаяся в результате дифференцирования, формируется при помощи С1-С20, на второй вход которых подаются импульсы СГИ. Запуск и останов ЦУ осуществляется через блок «Блокировка», где смонтирован ТрОст (рис. 19.1), с анода которого поступает на СЗЦУ управляющий потенциал «Разрешение операций». На второй вход СЗ подаются ГИ, с выхода С2, управляемого Тр3.

На одну сетку Тр3 поданы ГИС от генератора импульсов, при автоматической работе или ГИСР от ключа на пульте управления при ручной работе, на вторую сетку Тр3 подан выход с С2.

Таким образом, импульс ГИ, проходящий через С2 на вход СЗ, одновременно переворачивает Тр3 в положение «О» и закрывает С2.

Для того чтобы через С2 прошел следующий ГИ, необходимо, чтобы импульс ГИС снова вернул Тр3 в положение «1».

При автоматической работе перебросы Тр3 от ГИ и ГИС происходят автоматически и на вход СЗ все время поступает серия ГИ. При ручной работе при одном нажатии ключа на вход СЗ поступает только один импульс.

Кроме режимов автоматической и ручной работы, возможен еще режим полуавтоматической работы, которая отличается от автоматической тем, что ЦУ останавливается в начале каждого из четырех тактов и может быть запущено вновь нажатием специального ключа (БРО). Тр1, Тр2 и С1 обеспечивают при одном нажатии ключа БРО один импульс на выходе С1. Этот импульс (пуск БРО) подается на сетку ТрОст (рис. 19.1) и устанавливает его в положение «Разрешение операций».

Останов ЦУ после окончания каждого такта при полуавтоматической работе осуществляется через СЗ (рис. 19.1). На один из входов СЗ подается разрешающий потенциал от тумблера БРО на пульте, а на второй вход — импульс с выхода Тр8 (ВИСЧЦУ); выход СЗ включается на сетку ТрОст и снимает «Разрешение операций». На эту же сетку включается выход с С4, через которое осуществляется останов ЦУ вручную от кнопки «Стоп» на пульте. Кроме того, останов ЦУ предусмотрен при операции деления (ОстУОп.), при печатании результатов (ОстПеч), при магнитном запоминании и операции «Останов», предусмотренной программой (ОстУОп), а также при аварийном останове.

Запуск ЦУ, кроме ключа БРО, осуществляется также подачей импульсов на сетку ТрОст от кнопки «Пуск» на пульте управления, а также при осуществлении операции деления (ПерУпрЦУ) магнитной записи (ИСП1) и при окончании печатания (ПускПеч).

**10. Блок запоминания команд (БЗК).** Блок запоминания команд (БЗК) (рис. 10.1) аналогичен блоку электронного запоминающего устройства (п. 7). БЗК состоит из 20 триггерных ячеек. Четыре ячейки дают код, определяющий выбор операции (АО). Первый и второй адреса (А1 и А2) занимают по 5 ячеек и третий адрес (А3) имеет 6 ячеек. Одна из сеток каждого триггера присоединена к общей шине «СдвБЗК», на которую подаются главные импульсы сдвига (ГИС). Другая сетка триггеров присоединяется к выходу усилителя. На вход усилителя через колебательный контур подается импульс переноса от предыдущей триггерной ячейки. При подаче ГИС каждый импульс сдвигает код, находящийся в БЗК, на один разряд.

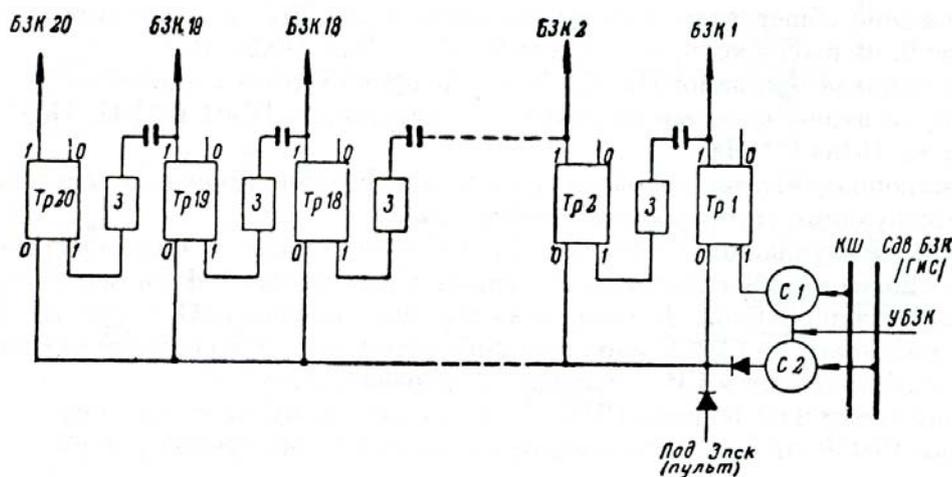


Рис. 10.1. Схема блока запоминания команд

При возникновении управляющего напряжения в цепи УБЗК (прием команды) первым поступает на БЗК импульс ГИС, сдвигает код, имевшийся в БЗК, на один разряд влево и освобождает крайнюю правую ячейку. Вслед за ГИС идет импульс кода по кодовой шине и заполняет первую ячейку. Следующий ГИС опять сдвигает код на один разряд и т. д., пока код не заполнит все ячейки БЗК. После того как все ячейки БЗК будут заполнены кодом команды (20 интервалов времени), управляющее напряжение в цепи УБЗК снимается, ГИС на БЗК не поступают, и код остается в БЗК до приема следующей команды.

Анодные напряжения триггеров через катодные повторители подаются на другие элементы машины.

При включении машины триггерные ячейки БЗК могут занять любое положение. Поэтому необходимо до пуска машины в работу установить все триггерные ячейки БЗК в положение кода «О». Это производится путем подачи ГИС на шину СдвБЗК по цепи ПодЗпск (подготовка запуска).

11. Блок управления центральным коммутатором (УЦК). Блок управления центральным коммутатором (УЦК) (рис. 11.1) получает коды номеров чисел от БЗК или УМК и передает их на ЦК (центральный коммутатор). УЦК состоит из шести триггерных ячеек с раздельной подачей импульсов на сетки. Пять триггерных ячеек служат для приема кода от БЗК, а шестая ячейка (ТрЗп) служит для выбора передачи числа или запоминания числа (при коде «О» в этой ячейке происходит передача с запоминающего устройства; при коде «1» происходит запоминание). Одна из сеток каждой триггерной ячейки приключена к общей шине «О» ЦК и при возникновении на этой шине управляющего импульса (от УК) все триггерные ячейки занимают положение кода «О». Другие сетки пяти триггерных ячеек присоединены каждая к своей шине. На эти шины включены выходы разрешающих устройств совпадения через разделительные устройства. К каждой шине подходят по четыре разрешающих устройства от соответствующих ячеек первого, второго и третьего адресов БЗК и от УМК. Разрешающие устройства объединены в группы, соответственно адресам на БЗК. На один из входов разрешающих устройств данной группы подаются управляющие импульсы, соответственно А1ЦК, А2ЦК и А3ЦК (от УК). При подаче импульса А1ЦК на триггерные ячейки УЦК передается код от первого адреса БЗК. После установки УЦК на «О» (импульс в цепи «О» ЦК) и подачи импульса А2ЦК, на триггерные ячейки УЦК передается код от второго адреса БЗК. После установки УЦК на «О» и подачи импульса А3ЦК, на триггерные ячейки УЦК передается код от третьего адреса БЗК. Одновременно подается импульс ЗЦК, который ставит ячейку, управляющую запоминанием, в положение кода «1». Выходы с триггерных ячеек УЦК через катодные повторители подаются на *центральный коммутатор и на сигнализацию*.

Помимо БЗК, на УЦК может быть передан код от УМК. Для этой цели предусмотрено пять разрешающих устройств, через которые при подаче импульса ЧУМК код с УМК передается на УЦК.

12. Центральный коммутатор (ЦК). Центральный коммутатор преобразует код номеров чисел, заданный на блоке УЦК, в управляющее напряжение на одной из цепей, идущих к элементам запоминающего устройства и, таким образом, выбирает, из какого элемента запоминания следует взять число или в какой элемент надо направить результат вычисления.

Центральный коммутатор, точно так же как и другие коммутаторы в машине, построен с применением детекторов на принципе закорачивания цепей. Простейшая схема коммутатора на четыре управляющих цепи показана на рис. 12.1. Триггерные ячейки (Тр1 и Тр2) задают код номера цепи, на которой должно возникнуть управляющее напряжение. Коду «О» в триггерной ячейке соответствует высокое напряжение на анодах 1 и 2 и низкое напряжение на анодах 1' и 2' (соответственно, при коде «1» высокое напряжение будет на анодах 1' и 2' и низкое напряжение на анодах 1 и 2). При коде «00» в обеих триггерных ячейках (высокие напряжения на анодах 1 и 2 и низкие напряжения на 1' и 2'), на выходной цепи «О» получится низкое напряжение, так как аноды диодов 10 и 20 присоединены к шинам низкого напряжения (1' и 2'). На остальных выходных цепях будут высокие напряжения (на выходную цепь «1» высокое напряжение будет подаваться через диод 11 от анода 1; на выходную цепь «2» высокое напряжение будет подаваться через диод 22 от анода 2; на выходную цепь «3» высокое напряжение будет подаваться через диоды 13 и 23). При коде «01» (высокое напряжение на анодах 1' и 2 и низкое напряжение на 1 и 2')

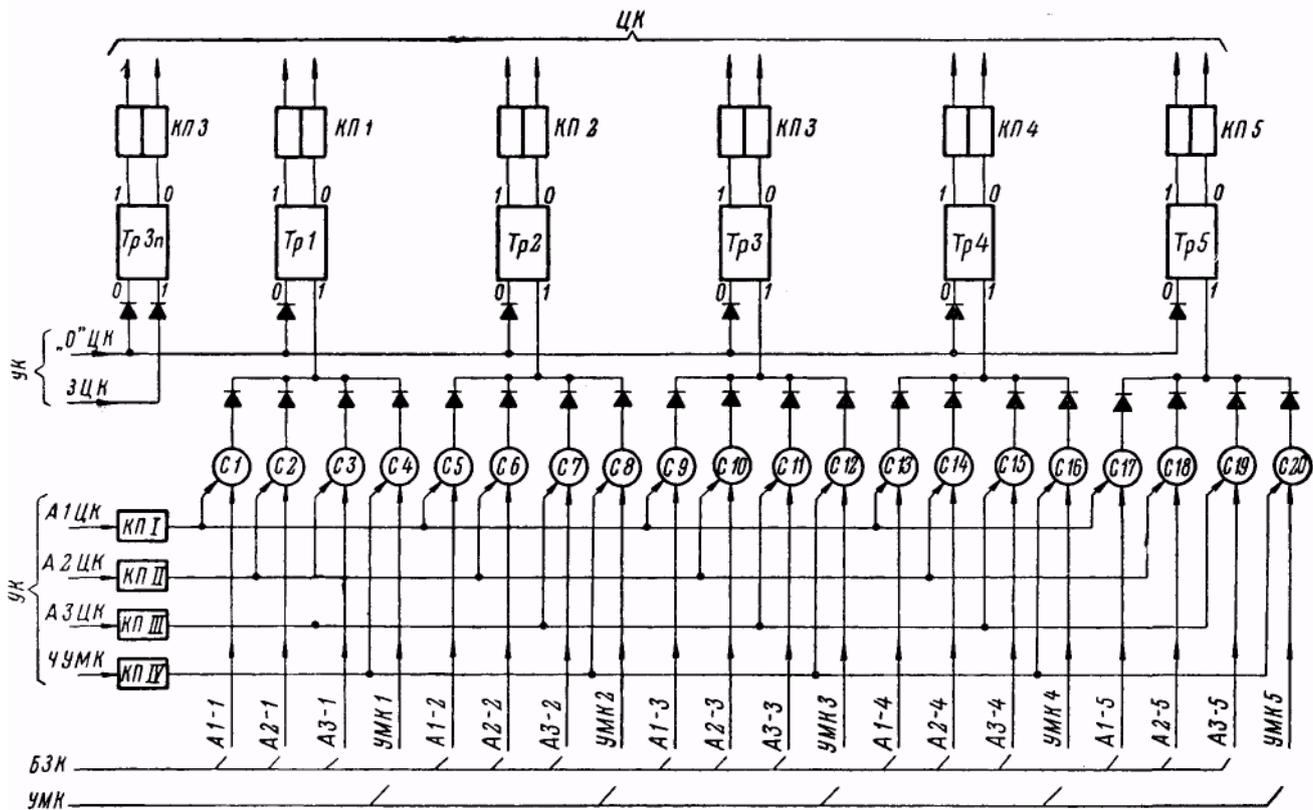


Рис. 11.1. Схема блока управления центральным коммутатором

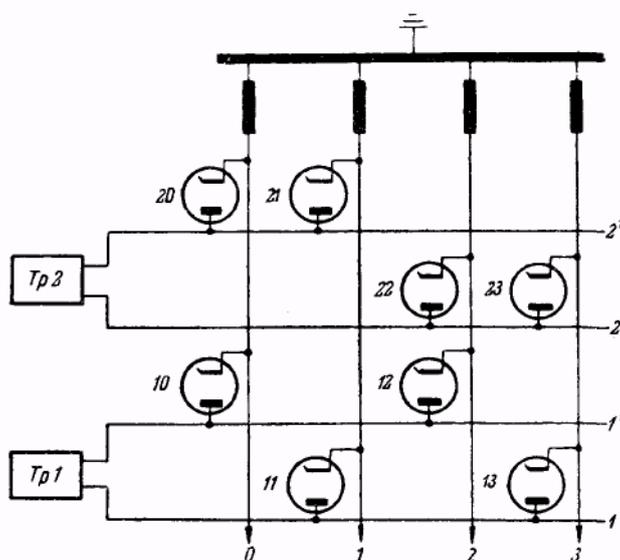


Рис. 12.1. Схема коммутатора на 4 цепи

низкое управляющее напряжение возникает на выходной цепи «1», так как диоды 11 и 21 присоединены к анодам 1 и 2', имеющим низкое напряжение. Остальные цепи будут при этом иметь высокие напряжения (цепь «0» через диод 10; цепь «2» через диоды 12 и 22; цепь «3» через диод 23). При коде «10» (высокое напряжение на анодах 1 и 2' и низкое напряжение на 1' и 2) низкое управляющее напряжение возникает на выходной цепи «2», так как диоды 12 и 22 присоединены к анодам 1' и 2, имеющим низкое напряжение. Остальные выходные цепи будут при этом иметь высокие напряжения (цепь «0» — через диод 20; цепь «1» — через диоды 11 и 21; цепь «3» — через диод 13). При коде «11» (высокое напряжение на анодах 1' и 2' и низкое на 1 и 2) низкое управляющее напряжение возникает на выходной цепи «3», так как диоды 13 и 23 присоединены к анодам 1 и 2, имеющим низкое напряжение. Остальные выходные цепи будут при этом иметь высокие напряжения (цепь «0» — через диоды 10 и 20; цепь «1» — через диод 21; цепь «2» — через диод 12).

При восьми выходных цепях необходимо иметь три триггерные ячейки для задания кода. Схема подобного коммутатора на восемь выходных цепей представлена на рис. 12.2. В этой схеме на каждую выходную цепь предусмотрено по три диода. Работа такого коммутатора аналогична работе коммутатора с четырьмя выходными цепями (см. табл. 12.1).

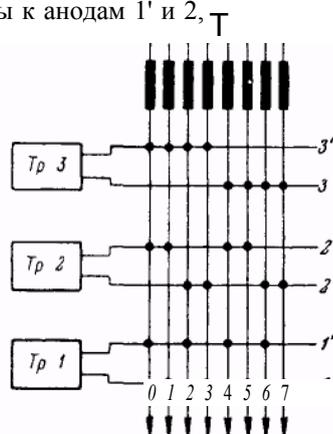


Рис. 12.2. Схема коммутатора на 8 цепей

Этот принцип может быть использован при создании схем коммутаторов и на большее число выходных цепей. При этом количество диодов на каждую выходную цепь равно количеству триггерных ячеек, задающих код (т. е. при 16 выходных цепях

Таблица 12.1

## Коммутатор на восемь цепей

Код	000	001	010	011	100	101	110	111	
Аноды	1 ...	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н
	1' ...	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
	2 ...	В	В	Н	Н	В	В	Н	Н
	2' ...	Н	Н	В	В	Н	Н	В	В
	3 ...	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н
	3' ...	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В
Выходная цепь ...	0	1	2	3	4	5	6	7	

по 4 диода на цепь; при 32 выходных цепях по 5 диодов на цепь и т. д.). Однако более целесообразным представляется каскадный принцип построения коммутаторов, дающий существенное сокращение количества диодов, особенно при большом числе выходных цепей.

Принципиальная схема каскадного коммутатора на 16 выходных цепей дана на рис. 12.3. Коммутатор состоит из двух вспомогательных коммутаторов на четыре

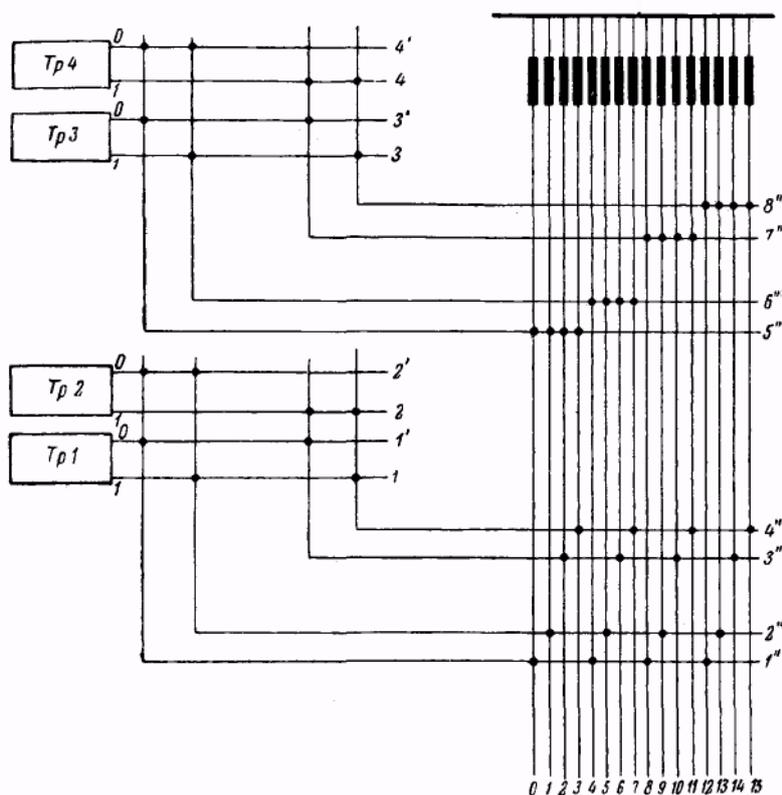


Рис. 12.3. Схема коммутатора на 16 цепей

выходные цепи каждый. Эти цепи питают основной коммутатор на 16 выходных цепей. Таким образом, диоды основного коммутатора и вспомогательных коммутаторов включаются последовательно. Рассмотрим ряд конкретных значений кода и работу коммутатора при этом. При коде «0000» (высокое напряжение на анодах 1, 2, 3, 4 и низкое на 1', 2', 3', 4') низкое напряжение будет на выходных шинах 1" и 5" вспомогательных коммутаторов. На всех остальных выходных шинах вспомогательных коммутаторов будет высокое напряжение. В соответствии с этим на выходных цепях основного коммутатора низкое напряжение будет лишь на той цепи, которая через диоды присоединена к шинам 1" и 5", т. е. на выходной цепи «О». На всех остальных выходных цепях будет высокое напряжение, так как они, по крайней мере, одним диодом присоединены к шинам, имеющим высокое напряжение. Работа коммутатора при других значениях кода иллюстрируется табл. 12.2.

Устанавливая три каскада коммутаторов, можно аналогично создать коммутатор на 256 выходных цепей. Устройство при этом имеет 4 коммутатора на 4 выходных цепи, которые питают два коммутатора на 16 выходных цепей каждый. Последние управляют основным коммутатором на 256 выходных цепей. Принципиальная схема подобного коммутатора дана на рис. 12.4.

Число выходных цепей при добавлении следующего каскада коммутаторов увеличивается пропорционально квадрату числа каскадов (при одном каскаде — 4 выходных цепи, при двух каскадах — 16 выходных цепей, при трех каскадах — 256 выходных цепей и т. д.).

Когда требуемое количество выходных цепей отличается от этих цифр, приходится прибегать к комбинированному использованию обоих принципов построения коммутаторов, что, в частности, и принято при построении центрального коммутатора.

### **13. Блок оперативного управления коммутатором команд (УККОп).**

Блок оперативного управления коммутатором команд (рис. 13.1) получает коды номеров команд от третьего адреса БЗК и от блоков УКК и УМК и передает их на коммутатор команд (КК). УККОп состоит из семи триггерных ячеек с отдельной подачей импульсов на сетки. Шесть триггерных ячеек служат для приема номера команд, а седьмая ячейка (ТрЗп) служит для выбора передачи или запоминания команды (при коде «О» в этой ячейке происходит передача команды из запоминающего устройства, при коде «1» происходит запоминание команды). Одна из сеток каждой триггерной ячейки присоединена к общей шине «0»КК. При подаче на эту шину импульса все триггерные ячейки занимают положение кода «О». Другие сетки шести триггерных ячеек присоединены к своим шинам. На эти шины через диоды присоединены выходы трех разрешающих устройств совпадения. При подаче импульса КУКК происходит передача кода УКК на УККОп. Импульс КУМК передает на УККОп код с УМК, а импульс АЗКК — с АЗБЗК. Выходы с триггерных ячеек УККОп через катодные повторители подаются на коммутатор команд (КК).

**14. Коммутатор команд (КК).** Коммутатор команд преобразует код номера команды, заданной на блоке УККОп, в управляющее напряжение на одной из цепей, идущих к элементам запоминающего устройства команд, и, таким образом, выбирает, из какого элемента следует взять очередную команду или в какой элемент надо послать код команды.

Коммутатор команд построен по тому же принципу, что и центральный коммутатор. Коммутатор команд должен иметь 64 выходных цепи, соответственно количеству элементов запоминающего устройства для кодов команд (рис. 14.1).

**15. Блоки управления коммутатором команд (УКК и УМК).** Блок управления коммутатором команд (рис. 15.1) предназначен для задания кода номера следующей команды. В большинстве случаев номера команд идут последовательно

Таблица 12.2

## Коммутатор на 16 цепей

Код	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	
Аноды	1	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н
	1'	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
	2	В	В	Н	Н	В	В	Н	Н	В	В	Н	Н	В	В	Н	Н
	2'	Н	Н	В	В	Н	Н	В	В	Н	Н	В	В	Н	Н	В	В
	3	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н
	3'	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В
	4	В	В	В	В	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
	4'	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В	В	В	В	В
Шины вспомога- тельных коммута- торов	1''	Н	В	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В	В
	2''	В	Н	В	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В
	3''	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В	Н	В	В	В	В	Н	В
	4''	В	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В	В	Н	В	В	В	Н
	5''	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
	6''	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В	В	В	В	В
	7''	В	В	В	В	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н	В	В	В	В
	8''	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	Н	Н	Н	Н
Выходная цепь...	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	

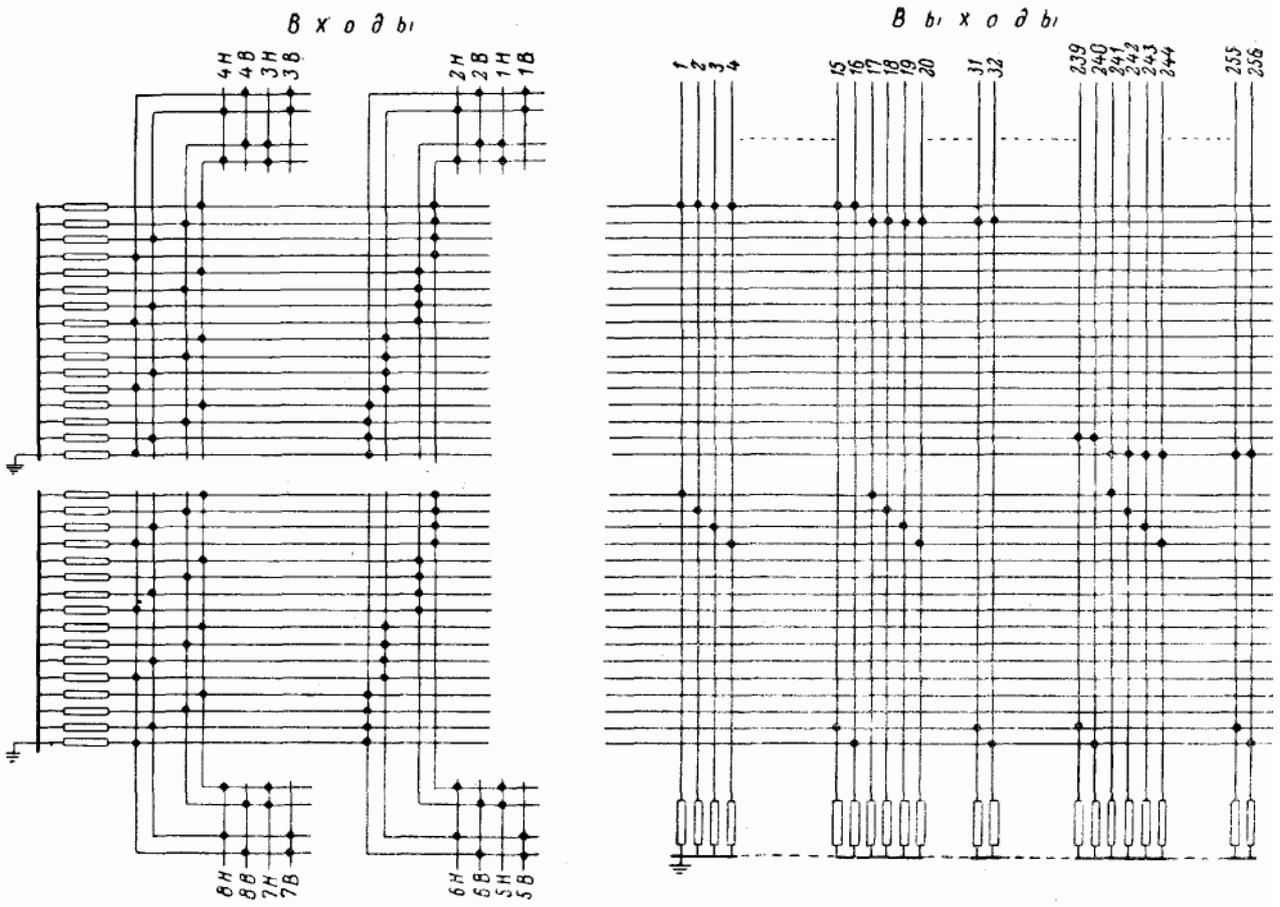
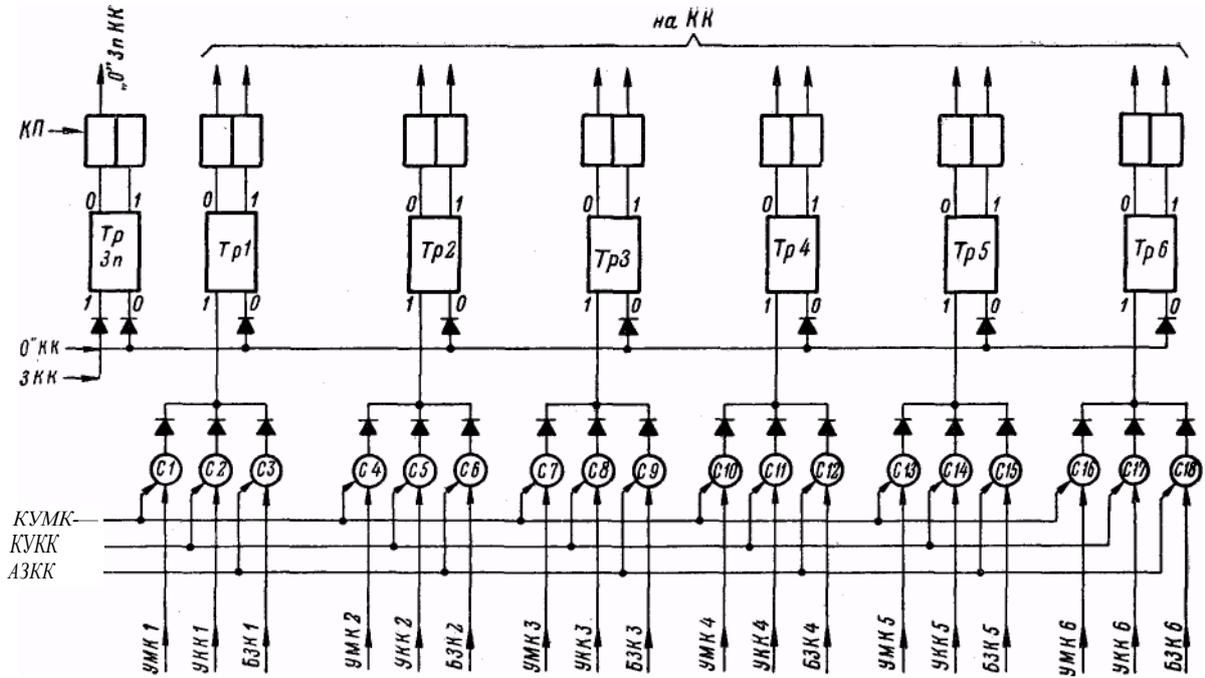


Рис. 12.4. Схема коммутатора на 256 цепей

Рис. 13.1. Схема блока оперативного управления коммутатором команд (УККОп)



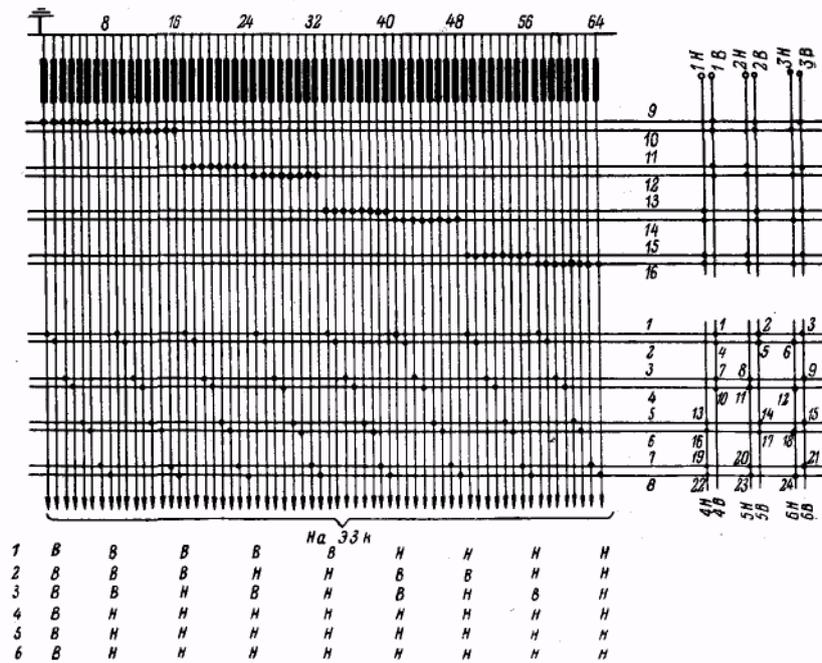


Рис. 14.1. Схема коммутатора на 64 цепи (КК)

один за другим. В этих случаях код на блоке управления коммутатором команд (УКК) должен каждый раз изменяться на единицу. Однако в ряде случаев (например, при операции сравнения) требуется изменение нормального чередования номеров команд. Для этой цели на блок УКК необходимо передать код с третьего адреса БЗК, предварительно погасив ранее имевшийся код на УКК.

Для осуществления этих функций блок УКК выполнен в виде электронного счетчика с триггерными ячейками. При подаче импульса на вход УКК (цепь «+1» УКК) код на УКК изменяется на единицу. Для установки на «0» УКК цепи левых сеток триггеров, выведены через разделительные устройства на общую шину. При подаче импульса на эту шину (цепь «-0» УКК) все триггерные ячейки переходят в положение кода «1». Спустя некоторое время добавляется импульс к первой ячейке УКК по цепи «+1» УКК и тем самым УКК переходит в положение кода «0». Передача кода с третьего адреса БЗК на УКК производится путем передачи импульса на один из входов разрешающих устройств совпадения (цепь АЗУКК). Другие входы разрешающих устройств совпадения присоединены к выходным напряжениям третьего адреса БЗК. При обычной работе импульс «+1»УКК поступает от УК в момент времени, соответствующий запоминанию числа третьего адреса (импульс ИЧЗ от блока ЦУ). При операции сравнения, в зависимости от результата, от УК поступает или импульс «+1» УКК в момент ИЧЗ, или же импульс «-0»УКК в момент ИКЗ, импульс «+1»УКК в момент ИЧЗ и импульс АЗУКК в момент И4.

Анодные напряжения от всех триггерных ячеек блока УКК через катодные+повторители подаются на блок УККОп. Блок УМК отличается от блока УКК лишь тем, что выходы его поданы также и на блок УЦК.

**16. Блок управления и коммутатор операций (УКОп и КОп).** Блок управления коммутатором операций (УКОп) (рис. 16.1) предназначен для задания

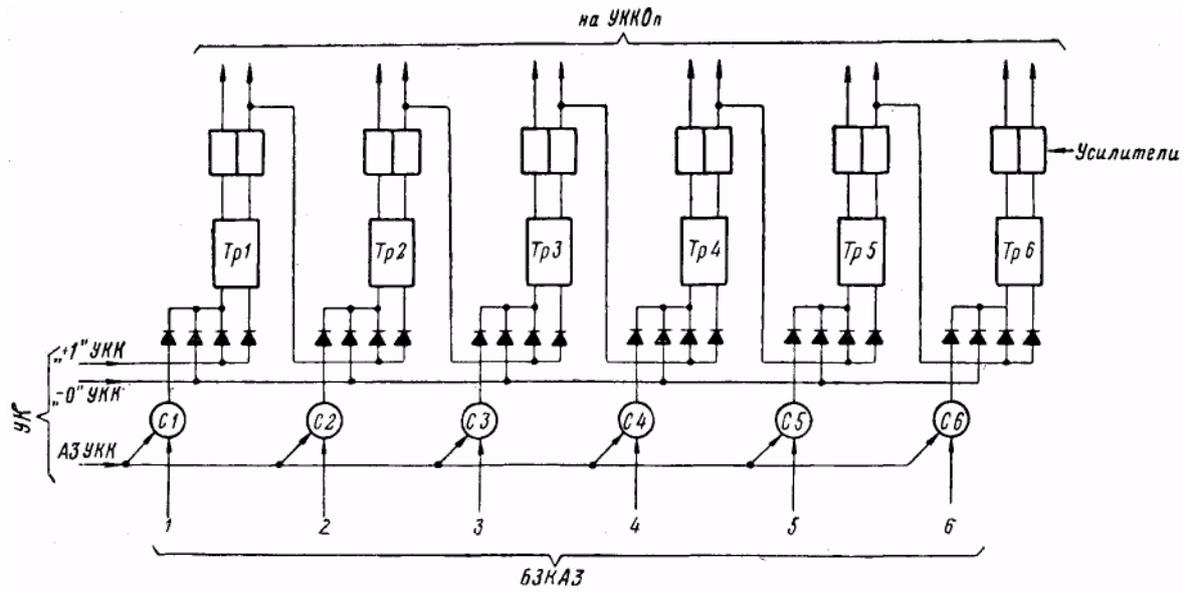


Рис. 15.1. Схема блока управления коммутатором команд (УКК)

кода операции, производимой на машине. Этот код затем подается на коммутатор операций (КОп). Код операции поступает на блок УКОп от блока БЗК (БЗКАО). УКОп состоит из четырех триггерных ячеек с отдельной подачей импульсов на сетки. Одна из сеток каждой триггерной ячейки подключена к общей шине «0»КОп; при подаче управляющего импульса на эту цепь (от блока УК) все триггерные ячейки занимают положение кода «0». Другие сетки триггерных ячеек подключены через разрешающие устройства совпадения к выходам соответствующих ячеек БЗК, содержащих код операции. На другой вход разрешающих устройств совпадения пода-

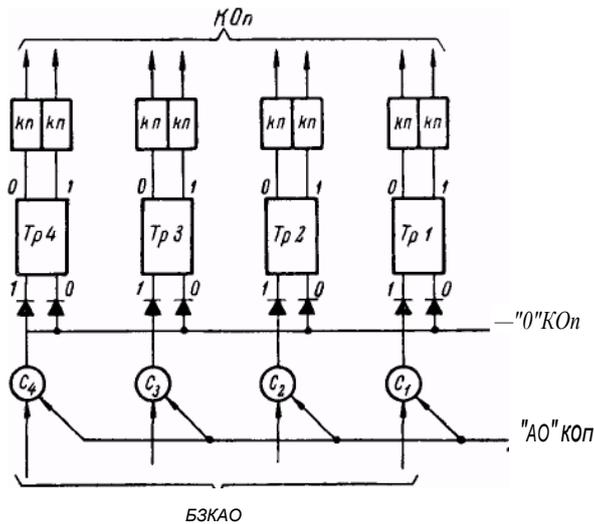


Рис. 16.1. Схема блока управления коммутатором операций (УКОп)

ется управляющий импульс «АО» КОп. Импульс «0» КОп подается после завершения операции (И4 от ЦУ), а импульс «АО» КОп после приема новой команды (И1 от ЦУ). Таким образом, после завершения операции УКОп ставится в положение кода «0», а в начале новой команды на УКОп передается код операции с БЗК.

Коммутатор операций (КОп) преобразует код операции, заданный на блоке УКОп, в управляющее напряжение на одной из выходных цепей, которые ведают выполнением той или иной операции, производимой машиной.

Коммутатор операций (КОп) имеет 16 выходных цепей и состоит из двух элементарных коммутаторов на 4 выходные цепи и одного основного на 16 выходных цепей (описание подобного коммутатора было дано в п. 12).

**17. Блок управления операциями (УОп).** Блок управления операциями должен обеспечить временную последовательность работы отдельных устройств машины для выполнения требуемых элементарных операций. Протекание процесса во времени задается блоком центрального управления (ЦУ). Большинство операций, выполняемых на машине, укладывается в нормальный такт. Исключение составляет операция деления, которая требует большего времени. Для этого в блоке управления операциями должно быть предусмотрено переключение работы с центрального управления на местное управление. В соответствии с этим в машине имеется общий блок управления операциями (УОп) и блок местного управления делением (УОп Дел).

Элементарные операции, которые должны быть произведены на машине при выполнении того или иного арифметического действия, были изложены в п. 6.

В табл. 17.1 показано, в какой момент времени должна быть выполнена та или иная элементарная операция и соответствующая связь этих моментов времени с работой центрального управления.

Импульс (И1) передает код операции с БЗК на УКОп и КОп выбирает ту операцию, которая должна быть выполнена на машине.

Импульс ИЗн1 для всех операций устанавливает сумматор и ячейку знака БЗАУ в положение «О» (импульсы «0»См и «0»ЗнАУ — рис. 17.1).

Потенциал ПЗн1 открывает разрешающее устройство совпадения С4 в цепи «+1»ЗнАУ и, таким образом, разрешает поступление кода знака в ячейку ЗнБЗАУ для всех операций.

Потенциал ПЧ1 открывает разрешающие устройства совпадения С1 и С2 в цепи ПЧБЗАУ, через которые проходят импульсы кода числа и импульсы сдвига на БЗАУ, в результате чего происходит прием кода первого числа с электронного запоминающего устройства на блок запоминания арифметического устройства (БЗАУ). Импульс И2 через С13 и С14 передает числа с БЗАУ на См прямым кодом (+Ч), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «О», или обратным кодом (—Ч и +1ЗнСм), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «1». Это производится для операций сложения, вычитания, сравнения с учетом знака и сложения команд. Для операции сравнения по абсолютной величине всегда подается лишь импульс +Ч через С 18 вне зависимости от кода в ячейке

Диаграмма производства операций

Таблица 17.1

Основные элементарные операции				
	Сложение	Вычитание	Умножение	Деление
И1	«АО»КОп	«АО»КОп	«АО»КОп	«АО»КОп
ИК1				
ИЗн1	«0»См «0»ЗнАУ } ПЗн1	«0»См «0»ЗнАУ } ПЗн1	«0»См «0»ЗнАУ } ПЗн1	«0»См «0»ЗнАУ } ПЗн1
ИЧ1	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ
И2	-Ч*+Ч* } СдвБЗАУ «+1»ЗнСм	-Ч*+Ч* } СдвБЗАУ «+1»ЗнСм	СдвБЗАУ	-Ч* } СдвБЗАУ «+1»ЗнСм
ИК2				
ИЗн2	«0»ЗнАУ } ПЗн2	«1»ЗнАУ } ПЗн2	СдвСм } ПЗн2	СдвСм } ПЗн2
ИЧ2	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ	«+1»ЗнАУ* } ПЧБЗАУ
И3	+Ч* } СдвБЗАУ -Ч* «+1»ЗнСм	+Ч* } СдвБЗАУ -Ч* «+1»ЗнСм	+Ч*** } СдвСм	ПерУпр. } СдвБЗАУ
ИК3			Окр	
ИЗн3	АЗЦК	АЗЦК	АЗЦК	АЗЦК
ИЧ3	«+1»УКК** } «0»ЗнАУ «+1»УМК** } СдвСм			
И4				
ИК4	КУКК** } ПК4 КУМК** } УБЗК «0»КОп } СдвБЗК			
ИЗн4				
ИЧ4				
И1				

Продолжение таблицы 17.1

Основные элементарные операции			
	Сравнение с учетом знака	Сравнение по модулю	Сложение команд
И1	«АО»КОп	«АО»КОп	«АО»КОп
ИК1			
ИЗн1	«0»См «0»ЗнАУ	«0»См «0»ЗнАУ	«0»См «0»ЗнАУ
ИЧ1	«+1»ЗнАУ*	«+1»ЗнАУ*	«+1»ЗнАУ*
И2	-Ч*+Ч* «+1»ЗнСм	-Ч*+Ч* «+1»ЗнСм	-Ч*+Ч* «+1»ЗнСм
ИК2			АЗКК
ИЗн2	«1»ЗнАУ		«0»ЗнАУ
ИЧ2	«+1»ЗнАУ*	«+1»ЗнАУ*	«+1»ЗнАУ*
И3	+Ч* -Ч* «+1»ЗнСм	-Ч* «+1»ЗнСм	+Ч
ИК3	«-0»УКК** **** «-0»УМК** ****	«-0»УКК** **** «-0»УМК** ****	АЗКК
ИЗн3			
ИЧ3	«+1»УКК** «+1»УМК**	«+1»УКК** «+1»УМК**	ЗКК «+1»УКК** «+1»УМК**
И4	АЗУКК** **** АЗУМК** ****	АЗУКК** **** АЗУМК** ****	
ИК4	КУКК** КУМК** «0»КОп	КУКК** КУМК** «0»КОп	КУКК** КУМК** «0»КОп
ИЗн4			
ИЧ4			
И1			

\* — наличие импульса зависит от знака числа,  
 \*\* — наличие импульса зависит от вида управления (УЦ или УМ),  
 \*\*\* — в зависимости от наличия «1» в коде множителя,  
 \*\*\*\* — в зависимости от результата сравнения.

ЗнБЗАУ, а для операции деления всегда —Ч и «+1»ЗнСм через С12. Для остальных операций эти импульсы отсутствуют.

При подаче импульсов +Ч или —Ч всегда подается и импульс СГИЛОс для обеспечения переносов в разрядах сумматора. Импульс ИК.2 при операции сложения команд осуществляет передачу номера команды из третьего адреса БЗК на УККОп (импульс АЗКК).

Импульс ИЗн2 при операции сложения и сложения команд через С8 устанавливает ячейку ЗнБЗАУ в положение кода «0» (импульс «0»ЗнАУ), а при операциях вычитания и сравнения через С6 — в положение кода «1» (импульс «1»ЗнАУ). При остальных операциях эти импульсы отсутствуют.

Потенциал ПЗн2 открывает разрешающее устройство совпадения С4 в цепи «+1»ЗнАУ и, таким образом, разрешает поступление кода знака в ячейку ЗнБЗАУ.

Потенциал ПЧ2 открывает С1 в цепи ПЧБЗАУ и С2 в цепи СдвБЗАУ и, следовательно, код числа поступает в БЗАУ и запоминается в нем. Это производится для операций сложения, вычитания, деления, сравнения и сложения команд при помощи С7. При операции умножения потенциал ПЧ2 через соответствующие устройства

„0”ЗНАУ

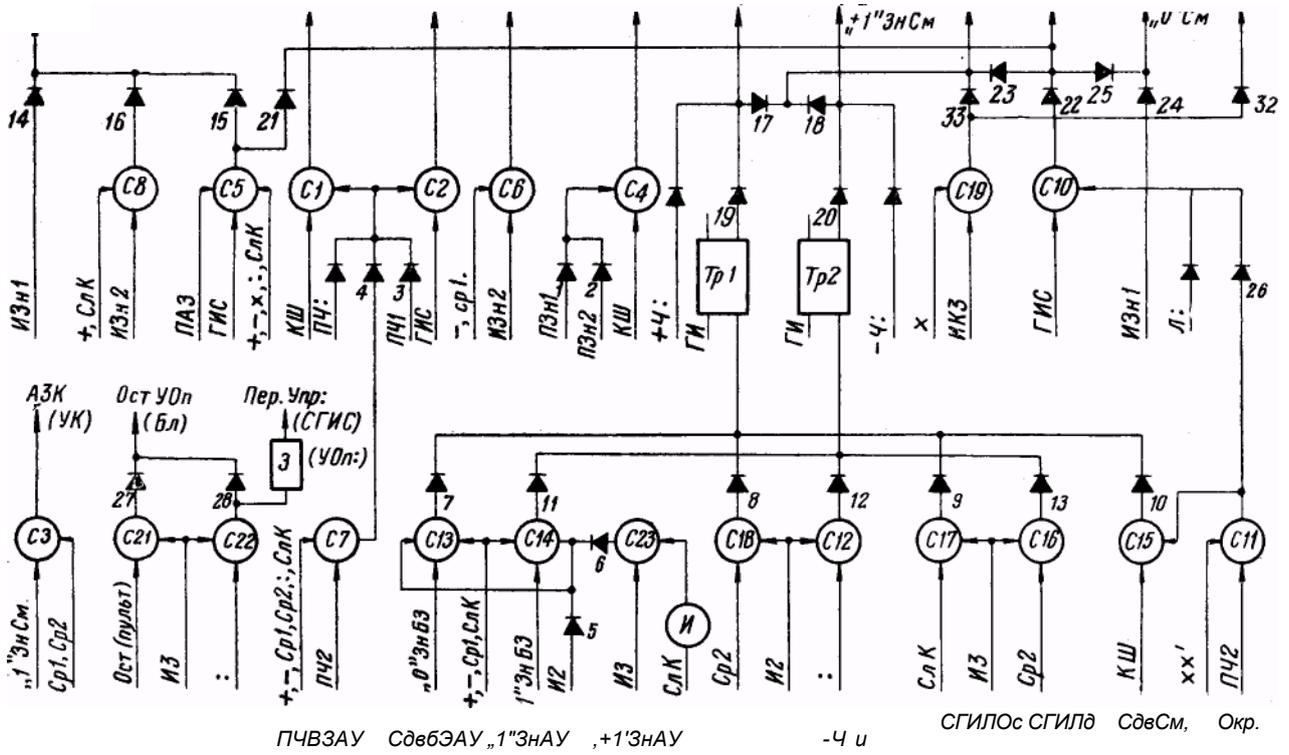


Рис. 17.1. Схема блока управления операциями (УОп)

совпадения СИ и С15 присоединяет кодовую шину КШ к цепи +Ч и код числа поступает на цепь +Ч. Этот же потенциал открывает СЮ в цепи СдвСм, и импульсы сдвига ГИС каждый раз сдвигают код на сумматоре. При наличии импульса в цепи +Ч, а также при каждом ГИС одновременно подаются импульсы СГИЛОс и СГИЛД для обеспечения прохождения импульсов переноса на сумматоре.

Импульс ИЗ через С23, С13 и С14 при операциях сложения, вычитания и сравнения с учетом знака передает код числа с БЗАУ на См прямым кодом (+Ч), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «О», или обратным кодом (—Ч, «+1»ЗнСм), если ячейка ЗнБЗАУ имеет код «1». При операции сравнения по абсолютной величине этот импульс через С16 передает код числа с БЗАУ на См обратным кодом (—Ч и «+1»ЗнСм) вне зависимости от кода в ячейке ЗнБЗАУ, а при операции сложения команд через С17, всегда прямым кодом (импульс +Ч).

Непосредственное выполнение операций деления осуществляется местным управлением (УОпДел), оно описано ниже. После выполнения операции деления управление опять передается на центральное, которое продолжает работу с третьего адреса.

Импульс ИКЗ при операции умножения через С19 попадает на вход старшего основного разряда сумматора (цепь Окр.), округляя результат умножения. При операции сравнения в случае отрицательного знака сумматора этот импульс устанавливает в положение кода «1» триггерные ячейки УКК или УМК.

Потенциал ПАЗ открывает С5 сдвига См и «0»ЗнАУ, через которые поступают импульсы сдвига на шину СдвСм и в цепь «0»ЗнАУ. Эти импульсы сдвига передают результат в запоминающее устройство для операций сложения, вычитания, умножения, деления и сложения команд по соответствующим цепям на блоке вывода числа (п. 5, Г). При каждом ГИС одновременно подаются СГИЛОс и СГИЛД для обеспечения прохождения импульсов переноса на сумматоре.

Импульс И4 при операциях сравнения в случае отрицательного результата на сумматоре проходит через С15 или С19 в блоке УК, передавая код с третьего адреса БЗК, на УКК и УМК.

Импульс ИК4 гасит код операции на блоке УКОп по цепи «0»КОп, так как заданная операция выполнена.

На основании рассмотренной диаграммы работы составлена скелетная схема блока управления операциями.

Построение блока управления операциями можно производить по принципу последовательного выполнения тех или иных элементарных действий для каждой заданной операции. Однако более целесообразным оказался другой принцип построения блока УОп. У многих операций имеется ряд общих элементарных действий. Поэтому целесообразно исходить не из заданной операции, а из того элементарного действия, которое должно быть произведено на машине.

На основании данных табл. 17.1 можно определить, в какой момент времени и при каких операциях должна быть произведена та или иная элементарная операция.

Как видно из таблицы, некоторые элементарные операции являются общими для ряда операций. С целью сокращения аппаратуры целесообразно эти операции объединить через разделительные устройства на общие шины. Эти шины заводятся на блоки УОп, УК и ВЧСм (например, шина Ср1, Ср2; —, Ср1; +, Ср1, СлК и т. п.).

Установка сумматора в положение кода «О» (рис. 17.1) производится для всех операций импульсом ИЗн1. Поэтому цепь импульса ИЗн1 приключена непосредственно на шину сдвига сумматора через диод 24.

Так как при этом СГИЛОс и СГИЛД отсутствуют, то переносов в сумматоре не будет и все разряды установятся в положение кода «О».

Установка ячейки ЗнБЗАУ в положение кода «О» производится для всех операций при возникновении импульса ИЗн1 и для операций сложения («+») и сложения команд (СлК) при возникновении импульса ИЗн2. Кроме того, установка этой ячейки

в положение кода «О» должна происходить при каждом импульсе сдвига в промежуток времени вывода числа (при наличии потенциала ПАЗ). Для осуществления этих требований импульс ИЗн2 подается на вход С8, открытый при операциях «+» и «СлК», а через С5 при потенциале ПАЗ поступает серия импульсов сдвига. Выходы С8, С5 и ИЗн1 через разделительные диоды подключаются к цепи «0»ЗнАУ.

Установка ячейки ЗнБЗАУ в положении кода «1» производится при операциях вычитания и сравнения с учетом знака при импульсе ИЗн2. Для осуществления этого ИЗн2 через С6, открытое при указанных выше операциях, поступает в цепь «1»ЗнБЗАУ.

Импульсы в цепь «+1»ЗнАУ могут поступать от КШ в моменты возникновения потенциалов ПЗн1 и ПЗн2 (прием кода знака). Это осуществляется С4, соединяющим КШ с цепью «+1»ЗнАУ при наличии потенциалов ПЗн1 и ПЗн2.

Импульсы сдвига в цепь СдвБЗАУ и импульсы кода от КШ в цепь ПЧБЗАУ поступают для всех операций при наличии потенциала ПЧ1 и при наличии потенциала ПЧ2 для операций сложения, вычитания, деления, сравнения и сложения команд. Для этой цели потенциал ПЧ1 и потенциал выхода С7, с управлением от ПЧ2 и ±, Ср1, Ср2, :, СлК, через разделительные диоды подаются на С1 и С2. На другой вход С1 приключена кодовая шина КШ, а на С2 — импульсы сдвига (ГИС). Выходы С1 и С2 присоединены к цепям ПЧБЗАУ и СдвБЗАУ.

При операциях сложения, вычитания и сравнения с учетом знаков во время импульсов И2 и И3, а при операции сложения команд лишь при И2, должны поступать импульсы +Ч или —Ч в зависимости от кода в ячейке знака БЗАУ. Для осуществления этого импульс И2 подается на С13 и С14, открывающиеся при операциях ±, Ср1, СлК. С13 открыто при наличии управляющего потенциала в цепи «О» ЗнБЗАУ, а С14 — в цепи «1»ЗнБЗАУ. На выходе С13 создается импульс +Ч, а на выходе С14 — импульс —Ч. Импульс И3 поступает на входы С13 и С14 через вспомогательные С23, управляемые через инвертор потенциалом СлК. При наличии потенциала СлК, С23 заперты, а при отсутствии его открыты.

Во время импульса И2 при операции деления должен быть подан импульс в цепь —Ч, а при операции сравнения по абсолютной величине — импульс в цепь +Ч. Это осуществляется С18 и С12.

Аналогично, во время импульса И3 при операции сложения команд должен быть подан импульс в цепь +Ч, а при операции сравнения по абсолютной величине — импульс в цепь —Ч, что осуществляется С17 и С16.

При операции умножения кодовая шина КШ должна быть присоединена к цепи +Ч на протяжении потенциала ПЧ2, что осуществляется СИ и С15.

Выходы С13, С18, С17 и С15, а также С14, С12 и С16 объединяются по группам +Ч и —Ч через разделительные диоды. Импульсы +Ч поступают на сетку Тр1, а импульсы —Ч — на сетку Тр2. На другие сетки этих триггеров подаются импульсы ГИ. Дифференцируя фронт изменения анодного напряжения, получаем импульсы +Ч и —Ч, сдвинутые на один интервал относительно И2 и И3. Эти импульсы через усилитель подаются в цепи +Ч и —Ч арифметического устройства. При операции умножения импульсы кода от С15 сдвигаются лишь на половину интервала, так как импульсы выдаваемого кода второго числа на КШ примерно совпадают с ГИС.

Сдвиг числа на См производится для всех операций на протяжении потенциала ПАЗ, что обеспечивается С5. При умножении импульсы сдвига должны подаваться также и на протяжении потенциала ПЧ2. Для этого сформированный потенциал от СИ подается на вход СЮ, на второй вход которых присоединены импульсы сдвига (ГИС). Выход СЮ включен на цепь СдвСм. Объединенные через разделительные диоды импульсы сдвига сумматора подаются на арифметическое устройство через усилитель.

При умножении во время ИКЗ должен быть подан импульс округления результата на вход старшего основного разряда сумматора (цепь Окp.), что осуществляется С19.

При умножении без округления (х) управляющий потенциал операции объединяется с управляющим потенциалом операции умножения с округлением через разделительные диоды. Цепь округления (С19) управляется только потенциалом операции умножения с округлением и, следовательно, импульс в цепи округления возникает лишь при этой операции.

Для обеспечения импульсов переноса при сложении и вычитании кодов, а также при сдвигах на сумматоре необходимо подавать импульсы в СГИЛОс и СГИЛД. Эти импульсы должны запаздывать относительно импульсов +Ч, —Ч и СдвСм. Импульсы СГИЛД поступают при всех импульсах СдвСм, за исключением установки на ноль сумматора (импульс сдвига от ИЗн1), что осуществляется диодными устройствами. Импульсы СГИЛОс образуются одновременно с импульсами СГИЛД, а также при импульсах +Ч, —Ч и Окp., что осуществляется диодными устройствами. Образованные на диодных устройствах импульсы СГИЛОс и СГИЛД задерживаются линией задержки и поступают на арифметическое устройство.

Передача управления с центрального на местное производится при операции деления импульсом ИЗ через С22. Полученный на выходе С22 импульс необходимо сдвинуть до первого ГИС, что производится линией задержки «3» аналогично тому, как это выполнено для сдвига импульсов +Ч и —Ч. Одновременно импульс с С22 подается на цепь останова ЦУ (Ост.УОп). На этот же выход через С21 подается импульс останова ЦУ при операции «Останов».

При операциях сравнения выбор той или иной последовательности чередования команд производится управляющим потенциалом АЗК, который формируется на С3. На входы С3 подается потенциал Ср1, Ср2 и потенциал «1»ЗнСм.

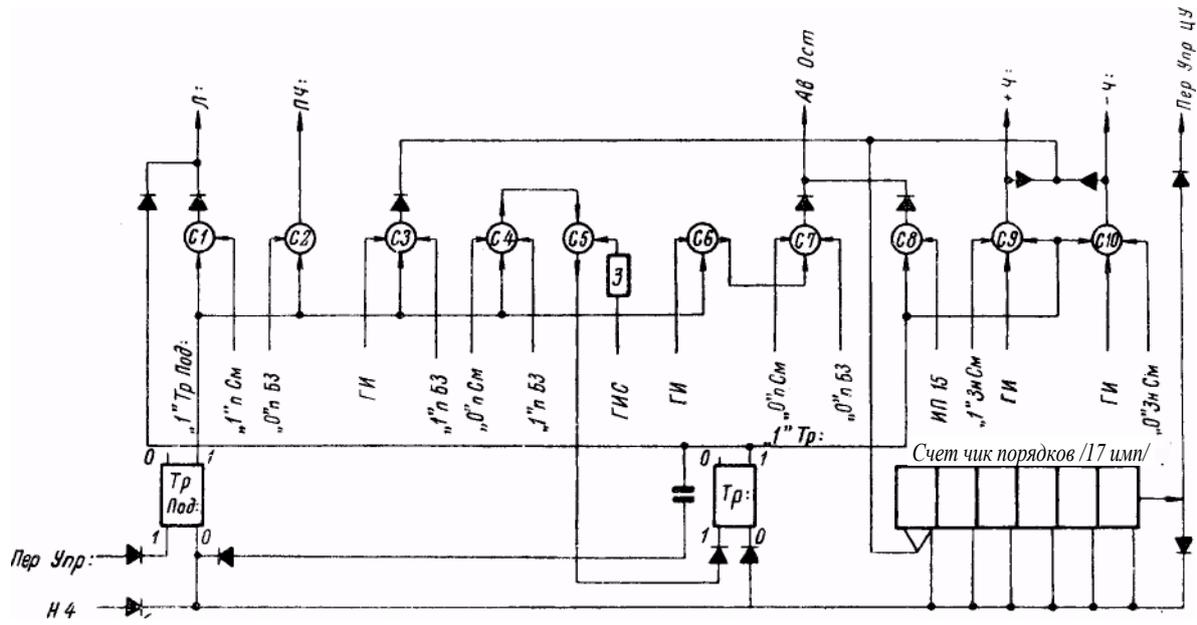
Кроме рассмотренных цепей на УОп поступают входные цепи от блока местного управления делением: —Ч:, +Ч:, ПЧ:, Л:, назначение которых будет рассмотрено в следующем разделе.

18. Блок управления операцией деления (УОп:). Блок управления операцией деления (УОп:) служит для нормализации делимого и делителя и выполнения самой операции деления. Скелетная схема блока управления делением представлена на рис. 18.1.

При передаче управления с центрального на местное возникает импульс в цепи ПерУпр: (от блока УОп), который переключает триггер ТрПод: из положения кода «0» в положение кода «1», в связи с чем возникает управляющее напряжение на шине «1»ТрПод: и подготавливаются к открытию С1, С2, С3, С4, С6. Если числа на БЗАУ и на См не нормализованы, то в цепях «0»нБЗ и «1»нСм будут управляющие напряжения, которые через С1 и С2 поступают в цепи ПЧ: и Л:. Эти управляющие напряжения, поступая на УОп, вызовут сдвиг влево чисел на БЗАУ и на См. Этот сдвиг будет продолжаться до тех пор, пока первая значащая цифра делителя (на БЗАУ) не достигнет старшего разряда. Если сначала достигает старшего разряда первая цифра делимого (на См), то это означает, что частное получится больше единицы и, следовательно, результат выходит из располагаемых разрядов. В этом случае С6 и С7 обеспечат поступление импульса аварийного останова.

Если старшего разряда достигает сначала первая значащая цифра делителя (на БЗАУ), то управляющее напряжение в цепи «0»нБЗ исчезнет, С2 закроется и сдвиг числа влево на БЗАУ прекратится (цепь ПЧ: не будет иметь управляющего напряжения). Сдвиг числа влево на См будет продолжаться, так как в цепи «1»нСм управляющее напряжение останется, а следовательно, через С1 оно будет подано в цепь Л:. Одновременно с исчезновением управляющего напряжения в цепи «0»нБЗ возникает управляющее напряжение в цепи «1»нБЗ (ячейка «n»БЗАУ имеет код

Рис. 18... Схема управления операцией деления (УОп:)



«1») и откроется СЗ. При каждом сдвиге числа на См, т.е. при каждом ГИС, на счетчик порядков (СчПор) через СЗ будет поступать импульс (ГИ), прибавляющий единицу к коду, имеющемуся на СчПор. Когда первая значащая цифра на См также достигнет старшего разряда, то исчезнет управляющее напряжение в цепи «1» $\wedge$ См и возникнет управляющее напряжение в цепи «0» $\wedge$ См. При этом С4 откроется, подаст управляющий потенциал на С5 и импульс ГИС через линию задержки (З) и С5 переведет Тр: в положение кода «1». Импульс переноса от Тр: установит ТрПод: в положение кода «0». Таким образом, операция нормализации заканчивается, и УОп: приступает к выполнению операции непосредственного деления.

Если первые значащие цифры делимого и делителя одновременно достигают старших разрядов или если они сразу занимали старшие разряды, то открывается С4, прекращает операцию подготовки деления и переводит схему на производство самого деления (Тр: переходит в положение кода «1»).

В этом случае не исключена возможность выхода частного из числа располагаемых разрядов. Если делимое больше делителя, т.е. частное больше единицы, то при производстве операции деления первая значащая цифра частного выйдет из последнего дополнительного разряда сумматора. Возникающий при этом импульс переноса ИП15 через С8 вызовет аварийный останов машины.

Операция деления осуществляется С9 и СЮ. При переключении Тр: в положение кода «1» подготавливается открытие С9 и СЮ. В зависимости от кода в ячейке ЗнСм импульсы ГИ будут поступать через С9 или СЮ на выходные цепи +Ч:, или —Ч:. При коде «0» $\wedge$ ЗнСм открыто СЮ, и ГИ поступает на шину —Ч:; при коде «1» $\wedge$ ЗнСм (управляющее напряжение в цепи «1» $\wedge$ ЗнСм) открыто С9, и ГИ поступает на шину +Ч:. Импульс в цепи +Ч: передает число с БЗАУ (делитель) на См прямым кодом. Импульс в цепи —Ч: передает число с БЗАУ на См обратным кодом. Сдвиг числа на сумматоре, необходимый при операции деления, обеспечивается наличием управляющего напряжения в цепи «Л:», которое через разделительное устройство подается от шины «1»Тр:.

Для определения окончания операции деления импульсы в цепях +Ч: или —Ч: через разделительное устройство поступают на вход СчПор. Таким образом, при каждой попытке деления производится прибавление «1» к коду на СчПор. Выходной импульс со СчПор, как указывалось выше, означает окончание операции деления. Этот импульс возвращает Тр: в положение кода «0» и таким образом закрывает С9, СЮ и снимает управляющее напряжение с цепи Л:. Одновременно этот импульс передает управление с местного на центральное (цепь ПерУпрЦУ).

В случае деления нуля на конечное число процесс нормализации не может закончиться. В этом случае выходной импульс от СчПор должен прекратить нормализацию, т.е. установить ТрПод: в положение «0». Кроме того, установка в положение кода «0»ТрПод:, Тр: и СчПор производится импульсом И4, что повышает надежность работы схемы.

**19. Блок блокировки при выходе результата из числа располагаемых разрядов (Бл).** Блок блокировки (Бл) предназначен для останова машины в случае выхода результата из располагаемого количества разрядов (аварийный останов), останова машины при получении команды «Останов», а также для прекращения работы центрального управления (блока ЦУ) при передаче управления с центрального на местное.

Для этой цели блок блокировки имеет два триггера (рис. 19.1): триггер аварийной остановки (ТрАвОст) и триггер останова работы блока центрального управления (ТрОст). На ТрАвОст включены блокировочные цепи, работающие при выходе результата из располагаемого количества разрядов. Как указывалось выше (п. 3), при операциях сложения и вычитания о выходе результата из располагаемого количества

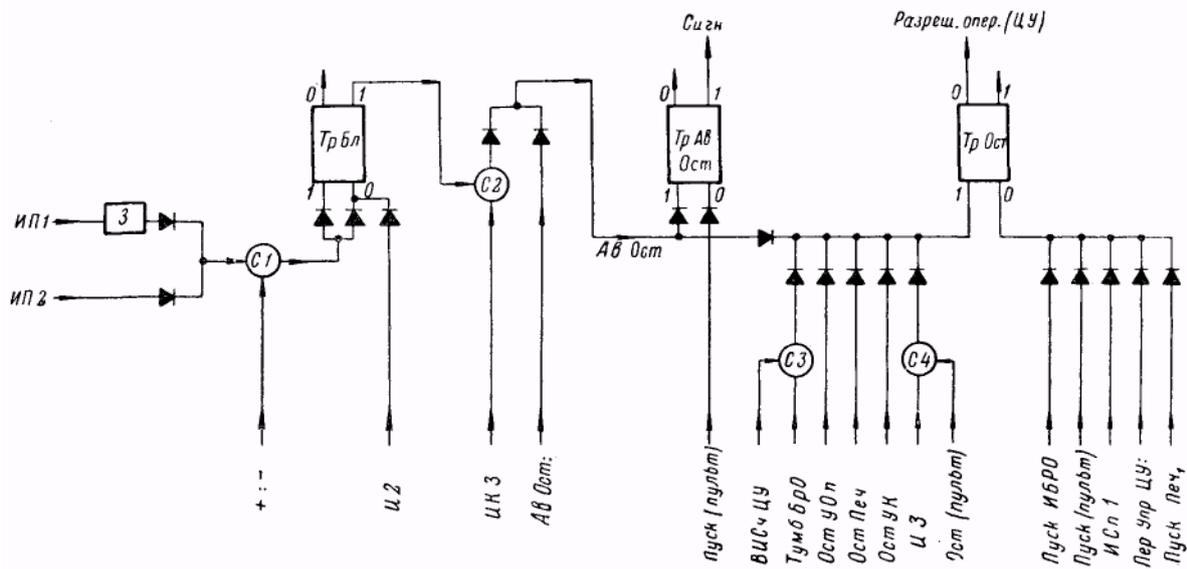


Рис. 19.1. Схема блокировки при выходе из числа располагаемых разрядов

разрядов можно судить по несовпадению импульсов переноса из ячейки старшего разряда и из ячейки ЗнСм.

При операциях сложения и вычитания импульсы переноса ИП1 и ИП2 подаются на счетный вход ТрБл через С1. Один из импульсов задерживается линией задержки (З). При наличии или отсутствии обоих импульсов ТрБл будет находиться в положении кода «О». При наличии лишь одного из импульсов, что указывает на выход суммы из количества располагаемых разрядов, ТрБл останется в положении кода «1» и импульс ИКЗ через С2 поступит на шины АвОст и вызовет срабатывание ТрАвОст и ТрОст (останов машины).

Переход ТрОст в положение кода «1» снимает управляющее напряжение с цепи РазрОпер и тем самым останавливает ЦУ. Триггер ТрАвОст служит лишь для сигнализации.

На шину АвОст подается также импульс по цепи АвОст:, возникающий при выходе из числа располагаемых разрядов частного (от УОп:). Этот импульс также вызывает останов машины. Для подготовки ТрБл, последний импульсом И2 устанавливается в положение кода «О». Для запуска машины необходимо подать импульс в цепь «Пуск» (от пульта). Этот импульс перекинет ТрАвОст и ТрОст в положение кода «О», и следовательно, разрешит работу ЦУ (управляющее напряжение в цепи РазрОпер).

ТрОст переходит в положение кода «1» не только при выходе результата из располагаемого количества разрядов, но и при передаче управления с центрального на местное (импульс в цепи Ост УОп). При завершении операции на местном управлении возникает импульс в цепи ПерУпрЦУ:. Этот импульс поступает на ТрОст и переводит его в положение кода «О», т. е. переводит управление машиной на ЦУ.

Импульс в цепи ОстУОп получается также при операции «Останов». В этом случае ТрОст перейдет в положение кода «1», управляющее напряжение в цепи РазрОпер снимется и ЦУ остановится. Возврата ТрОст в положение кода «О» не произойдет до тех пор, пока не будет подан импульс в цепь «Пуск» (на пульте). При нормальной остановке ТрАвОст останется в положении кода «О» и соответствующая сигнализация укажет, что произошел нормальный останов машины.

Импульс, устанавливающий ТрОст в положение кода «1», может быть подан также с пульта по цепи ОстПульт. При этом ЦУ остановится. Для запуска ЦУ необходимо подать импульс в цепь «Пуск» (от пульта).

Для обеспечения полуавтоматической работы в схеме блокировки предусмотрено СЗ, управляемое потенциалом от пульта (БРО). На вход СЗ подается импульс с выхода счетчика ЦУ (импульс ВИСчЦУ). При наличии управляющего напряжения на СЗ импульс ВИСчЦУ будет поступать на ТрОст и переводить его в положение кода «1», т.е. останавливать ЦУ после каждого такта. Для запуска ЦУ необходимо подать импульс в цепь Пск или ИБРО (на пульте). Таким образом, ЦУ будет останавливаться после каждого такта работы.

При отсутствии управляющего напряжения на СЗ импульс с выхода СчЦУ не будет поступать на ТрОст и, следовательно, будет обеспечена автоматическая работа.

Анодные цепи ТрАвОст и ТрОст выведены на соответствующие сигнализационные цепи: «АвОст»; «Работа»; «Разрешение операции»; «Останов».

Останов ЦУ предусмотрен также при операции МЗб (по цепи ОстУК) и при печатании (по цепи ОстПеч).

Пуск ЦУ при возникновении импульса совпадения (при магнитной записи) осуществляется по цепи ИСП1; пуск ЦУ при печатании — по цепи ПускПеч.

## Электронная цифровая вычислительная машина БЭСМ<sup>1)</sup>

Из книги С.А. Лебедева

### Введение

Электронные цифровые вычислительные машины являются мощным средством исследования современных задач науки и техники.

Сложные расчеты, связанные с запуском советских спутников Земли, космической ракеты, исследования в области ядерной физики немислимы без широкого использования современных вычислительных машин.

В Советском Союзе созданы и эксплуатируются машины БЭСМ, «Стрела», М-2, М-3, «Урал», а также ряд специализированных машин; разрабатываются новые, более совершенные машины.

На этих машинах решено большое число задач в самых различных областях науки и техники. В результате их применения существенно сократились сроки проведения научных исследований и разработки образцов новой техники, снижены затраты на проведение дорогостоящих экспериментов, которые во многих случаях заменяются расчетами.

В своем выступлении на XXI съезде КПСС первый заместитель Председателя Совета Министров СССР Ф. Р. Козлов сообщил, что только за 1958 г. экономия, полученная от автоматизации вычислительных работ с помощью электронных вычислительных машин, составила около одного миллиарда рублей.

Характерными свойствами электронных цифровых вычислительных машин, обеспечившими их быстрое развитие и широкое использование, являются: универсальность применения, высокая скорость расчетов и большая точность получаемых результатов.

*Универсальность*, то есть возможность решения разнообразных задач на одной и той же машине, обусловлена тем, что любая задача, решаемая на машине, сводится к определенной последовательности простых арифметических и логических действий. В машине предусмотрены схемы для выполнения этих действий, являющихся общими для всех задач. Последовательность же выполнения действий, характерная для каждой индивидуальной задачи, а также числа, с которыми приходится оперировать, задаются программой вычислений, которая подготавливается вне машины и затем вводится в машину. Таким образом, переход от решения одной задачи к другой сводится к вводу в машину новой программы и исходных данных.

*Высокая скорость* расчетов получается путем полной автоматизации вычислительного процесса с помощью электронных схем автоматики. Электронные схемы, срабатывающие за доли микросекунды, позволяют выполнять на современных машинах тысячи и десятки тысяч арифметических и логических действий в секунду,

<sup>1)</sup> Опущены главы и приложения:

—гл. 5. Арифметические операции;

—гл. 6. Операции передачи кодов;

—гл. 7. Логические операции;

—гл. 8. Операции условных и безусловных переходов и передачи управления

—Приложения 2 и 3. Функциональные схемы АУЧ и АУП.

Книга вышла в государственном издательстве физико-математической литературы, Москва, 1959 г. В написании книги принял участие В. А. Мельников.

что в сотни тысяч раз превосходит скорость ручного счета. Ведутся работы по дальнейшему увеличению скорости вычислений до нескольких сотен тысяч операций в секунду.

*Точность* вычислений при численных методах решения задач, если не затрагивать вопрос о точности, даваемой самим методом, в основном определяется количеством разрядов чисел, с которыми производятся арифметические действия. Повышение точности вычислений на машине означает увеличение числа разрядов, т. е. приводит лишь к увеличению оборудования. В этом отношении цифровые электронные вычислительные машины выгодно отличаются от электроимитирующих устройств непрерывного действия, в которых точность вычислений определяется качеством изготовления узлов, и существенное повышение ее встречает непреодолимые технологические и эксплуатационные трудности. Современные электронные цифровые вычислительные машины оперируют с 8—12-разрядными числами, что обеспечивает необходимую точность для подавляющего типа задач. В тех случаях, когда задача требует большей точности (например, некоторые астрономические задачи), вычисления на машине могут производиться с удвоенным или утроенным числом разрядов за счет снижения скорости расчета.

Области применения электронных вычислительных машин очень разнообразны. Для математических задач они применяются в тех случаях, когда требуется провести большой объем вычислений. На современных машинах с успехом решаются задачи, требующие выполнения сотен миллионов арифметических действий. Возможность быстро выполнять расчеты в ряде случаев по-новому поставила саму методику исследования.

Если раньше математические методы было невозможно применять для решения той или иной задачи ввиду их громоздкости, то при появлении электронных вычислительных машин эти методы стали практически реальными. Это вызвало, с одной стороны, развитие самих методов математических расчетов и, с другой стороны — возможность более подробного исследования различных физических процессов.

Во многих случаях расчеты необходимо производить настолько быстро, чтобы полученные результаты имели практическую ценность. Это особенно наглядно видно на примере надежного предсказания погоды на следующий день. При ручном счете вычисления, связанные с надежным суточным прогнозом погоды, могут потребовать нескольких суток. Естественно, что при такой скорости расчетов результаты теряют практическую ценность. Применение электронных вычислительных машин для этой цели позволяет полностью и своевременно решить эту задачу.

Появившаяся возможность быстрого решения разнообразных задач на электронных вычислительных машинах позволяет также использовать полученные результаты непосредственно для управления тем или иным технологическим процессом, агрегатом, поточной линией и даже целым заводом. Для этой цели создаются *специализированные* электронные цифровые *управляющие* машины, которые все больше и больше находят применение в промышленности и особенно в военной технике, где быстрое и точное решение определенных задач является острой необходимостью.

В последнее время, в особенности в США, электронные вычислительные машины получили широкое применение для целей статистического и бухгалтерского учета, а также для экономических расчетов. И в этой области они с успехом вытесняют существовавшие ранее для этих целей перфорационные машины.

Помимо выполнения математических задач, на электронных вычислительных машинах можно решать и логические задачи, например переводить тексты с одного языка на другой. В этом случае в машине должен храниться словарь, состоящий из слов, закодированных числами. Машина путем сравнения слов текста со словами «словаря» переводит отдельные слова. После этого с помощью грамматических и синтаксических правил, записанных в виде программы, она обрабатывает найденные

слова, изменяя последние по падежам, числам, временам и т. д. и ставя их на нужное место в предложении. Полученный переведенный текст печатается на бумаге. Для успешного перевода необходима очень большая и кропотливая работа филологов и математиков по формулировке законов языка и составлению программы.

Другим примером логических задач может служить игра в шахматы. Машина путем ряда проб выбирает вариант, дающий через определенное число ходов при любых ответах противника наилучший результат. Следует, однако, заметить, что ввиду огромного количества возможных комбинаций при выборе лучшего хода, машина сейчас вынуждена ограничиваться лишь пробой сравнительно небольшого числа ходов. Ясно также, что такой способ нахождения «наилучших» ходов исключает учет стратегических планов игры.

Машина БЭСМ, описание которой дано в данной серии книг, предназначена для решения математических задач. Однако на ней с успехом решались также и некоторые логические задачи.

Для решения на машине какой-либо задачи последняя предварительно должна быть сформулирована в виде математических или логических соотношений, например, алгебраических формул, дифференциальных или интегральных уравнений и т. п. Должны быть заданы начальные и граничные условия, оговорены особые условия, заданы численные значения коэффициентов, входящих в формулы, и т. п. Все это может быть сделано, если известна физическая сущность исследуемого процесса и изучены его количественные соотношения.

Широко развитые методы численного анализа позволяют большинство математически сформулированных задач решать посредством определенной последовательности арифметических и логических действий. На машинах каждое такое действие выполняется *командой*. В команде, помимо характера действия (сложение, вычитание и т. п.), необходимо также каким-то образом указать числа, с которыми следует произвести данное действие.

Числа в машине хранятся в *запоминающем устройстве*. Каждая ячейка его имеет свой номер — *адрес*. Поэтому для того чтобы задать числа, с которыми следует произвести действие, необходимо в команде указать их адреса, т. е. номера ячеек, в которых они хранятся. Полученный после выполнения действия результат обычно используется в последующих вычислениях, поэтому он направляется в одну из ячеек запоминающего устройства и хранится в ней до тех пор, пока не потребуются в последующих вычислениях. Адрес ячейки, в которую направляется результат, также задается в команде.

Команды и числа в машине изображаются *кодами*, представляющими собой условные числа.

Так, например, иногда код команды разбивается на четыре группы — машины с *трехадресной* системой команд. Условное число в первой группе указывает, какая операция должна быть произведена с числами. Например, сложению приписывается код 1, вычитанию — 2, умножению — 3 и т. д. Эта группа носит название *кода операции* или *адреса операции*. В следующих двух группах указываются номера ячеек запоминающего устройства, из которых берутся числа. Эти группы называются первым и вторым *адресами команды*. В последней группе — третий адрес команды — задается номер ячейки запоминающего устройства, в которую направляется полученный результат. Так например, код команды: 3 127 256 745 означает, что надо помножить числа, хранящиеся в 127-й и 256-й ячейках запоминающего устройства, и полученный результат направить в 745-ю ячейку.

Помимо трехадресной, применяются также одноадресные и двухадресные системы команд. Системы команд с большим числом адресов, четырехадресные или пятиадресные, не получили широкого применения.

Так как команды и числа обычно хранятся в одном и том же запоминающем устройстве, то выбор той или иной системы команд должен быть увязан с количеством разрядов чисел, с которыми оперирует машина. Для одноадресных машин обычно в одной ячейке запоминающего устройства хранятся две команды, т. е. количество разрядов кода команды примерно равно половине разрядов кода числа. Для двухадресных и трехадресных машин в одной ячейке запоминающего устройства хранится одна команда. Количество разрядов в коде команды в значительной мере определяется емкостью запоминающего устройства, так как в адресах следует предусмотреть возможность указания последней (максимальной по номеру) ячейки.

Одноадресную систему команд имеет машина «Урал». Машина М-3 выполнена по двухадресной системе. Трехадресная система принята в машинах БЭСМ, «Стрела» и М-2.

Решение какой-либо задачи, как указывалось выше, сводится к определенной последовательности арифметических и логических действий, каждое из которых выполняется одной или несколькими командами. Последовательность таких команд составляет *программу* вычислений.

Если бы для выполнения каждого арифметического действия предусматривалась своя команда, то для сложных задач, требующих сотен миллионов арифметических действий, даже написание такой программы было бы нереальным. Поэтому при программировании стремятся сравнительно небольшим количеством команд обеспечить выполнение большого числа арифметических действий.

Наиболее эффективное сокращение количества команд получается за счет *циклического повторения* отдельных участков программы. Так, например, при решении обыкновенных дифференциальных уравнений методом конечных разностей вычисления для каждого интервала производятся по одним и тем же формулам. Подставляя при решении в каждом интервале вместо прежних значений вновь найденные и повторяя расчеты, можно одной и той же частью программы обеспечить вычисления для любого числа интервалов.

Команды программы хранятся в оперативном запоминающем устройстве и обычно выполняются в порядке их номеров, т. е. в порядке их расположения в ячейках памяти. Для того чтобы повторить какой-либо участок программы, необходимо изменить такую последовательность выполнения команд и перейти к номеру начальной команды. Такой переход, например, может быть осуществлен специальной командой *безусловного перехода*, располагаемой в конце данного участка программы. Команда безусловного перехода не выполняет арифметического действия, а лишь определяет, к какому номеру команды следует перейти.

Так, располагая команду безусловного перехода, возвращающую вычисления к начальной команде, в конце программы решения обыкновенных дифференциальных уравнений методом конечных разностей, мы обеспечим повторение вычислений для неограниченного числа интервалов. Если вычисления требуется ограничить пределом, когда какая-либо величина достигнет наперед заданного значения, то вместо команды безусловного перехода в конце программы следует поставить команду *условного перехода*.

Команда условного перехода производит изменение последовательности выполнения команд лишь при соблюдении определенных условий. В БЭСМ условные переходы осуществляются командами *сравнения*. Команды сравнения сравнивают два числа, вызываемые по первому и второму адресу, и в зависимости от результата сравнения обеспечивают переход или к команде, номер которой указан в третьем адресе, или же к следующей по номеру команде.

Располагая такую команду сравнения в конце программы рассматриваемого примера, а за ней записывая команду остановки вычислений, мы обеспечим повторе-

ние расчета интервалов до тех пор, пока не будет достигнуто заданное значение сравниваемой величины. При достижении этого условия команда сравнения выберет следующую по номеру команду, т. е. остановит вычисления.

Команды условного и безусловного переходов широко используются при программировании.

В некоторых случаях процесс вычислений зависит от результата вычислений. Примером может служить расчет процесса регулирования с учетом зоны нечувствительности регулятора. До тех пор пока регулируемая величина не превысила зоны нечувствительности, вычисления должны производиться по одному закону, а после того, как регулируемая величина выйдет из зоны нечувствительности, — по другому закону. Подобный выбор программы вычислений в зависимости от результата осуществляется также командами сравнения.

При решении сложных задач многие этапы расчета оказываются общими. Примерами таких общих этапов являются: извлечение корней, нахождение значений элементарных или специальных функций, непосредственное определение изменения функций за интервал при решении систем обыкновенных дифференциальных уравнений и т. д. Решение таких общих этапов целесообразно производить по составленным заранее *стандартным подпрограммам*. Эти универсальные стандартные подпрограммы могут применяться при решении любых задач, в которых требуется произвести вычисления данных этапов расчета. В процессе эксплуатации машины накапливается достаточно большой набор подпрограмм для наиболее часто встречающихся этапов расчета. Каждая такая подпрограмма, включенная в машину, может рассматриваться как новая операция, выполняемая машиной.

Программа вычислений для какой-либо задачи складывается из основной программы, характерной именно для этой задачи, и отдельных стандартных подпрограмм. В соответствующих местах основной программы машина переходит на работу по подпрограмме. После окончания вычислений по этой подпрограмме необходимо вновь вернуться к вычислениям по основной программе.

Переход от основной программы к подпрограммам и обратно осуществляется на машине БЭСМ с помощью специальных команд безусловного перехода.

Во многих задачах необходимо выполнить однотипные вычисления с различными числами. Примером может служить решение дифференциальных уравнений в частных производных методом сеток. Задача решается последовательными итерациями. В каждой итерации значение функции в какой-либо точке сетки определяется через значения функции в соседних точках. Вычислив значение функции в одной точке, необходимо повторить те же самые вычисления для следующей точки и т. д. Значения функций хранятся в различных ячейках запоминающего устройства. Поэтому при повторении вычислений для следующей точки нужно выполнить те же самые команды, что и для предыдущей точки, но с другими значениями адресов. Если для каждой точки использовать свои самостоятельные команды, то программа получается весьма громоздкой. Для сокращения программы применяется метод автоматического *изменения адресов*.

Дело в том, что код команды представляет собой некоторое условное число и, следовательно, с ним можно производить арифметические действия. Прибавляя к коду команды наперед заданное число, можно изменять требуемым образом адреса команды. В БЭСМ для этой цели предусмотрены специальные команды.

В рассматриваемом примере после команд, выполняющих вычисления для одной точки, располагаются команды, автоматически изменяющие адреса основных команд, подготавливая их для вычисления следующей точки. Соответствующие команды сравнения обеспечивают необходимое количество повторений расчетов для следующих точек.

Составленная программа вычислений, а также исходные данные кодируются специальными устройствами в виде отверстий, пробитых (отперфорированных) в соответствующих местах на перфорационной ленте или перфорационных картах. Затем лента или карты устанавливаются на *вводное устройство* и программа вместе с исходными данными переносится в запоминающее устройство, после чего начинается автоматическое выполнение заданной программы вычислений.

Для обеспечения большой скорости вычислений необходимо достаточно быстро выбирать числа и команды из запоминающего устройства. Для этой цели служит быстродействующее *оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)*. Емкость оперативного запоминающего устройства, т. е. количество чисел, которое может в нем храниться, в значительной мере определяет гибкость машины применительно к решению разнообразных задач. Современные машины имеют емкость оперативного запоминающего устройства порядка нескольких тысяч, а время выборки составляет несколько микросекунд.

Многие задачи требуют значительно большей емкости запоминающего устройства. Чрезмерное увеличение объема оперативного запоминающего устройства нецелесообразно, так как это приводит к значительному увеличению аппаратуры. Поэтому в машинах обычно предусматривают (помимо оперативного) дополнительное запоминающее устройство, имеющее меньшую скорость выборки и запоминания, но способное хранить до нескольких десятков и даже сотен тысяч чисел. Такие устройства часто называют *внешними запоминающими устройствами*.

Из внешних запоминающих устройств необходимые данные (числа и команды) передаются группами в оперативное запоминающее устройство, где с ними и производятся требуемые вычисления. Полученные результаты могут быть переданы группами обратно из оперативного запоминающего устройства во внешние. Таким образом, функция внешних запоминающих устройств сводится лишь к обмену кодами с оперативным запоминающим устройством, что при решении математических задач лишь незначительно снижает скорость вычислений, несмотря на сравнительно медленную работу внешних запоминающих устройств.

Арифметические и логические действия выполняются на *арифметическом устройстве (АУ)*. Электронные схемы позволяют производить до нескольких десятков и даже сотен тысяч действий в секунду.

Выборка требуемых чисел из запоминающего устройства, задание действия, которое нужно произвести с этими числами, отсылка результата в запоминающее устройство и выбор следующей операции обеспечиваются на машине *устройством управления (УУ)*. После того как введены исходные данные и программа вычислений, устройство управления обеспечивает полную автоматичность вычислительного процесса.

Окончательные результаты вычислений должны быть отпечатаны в виде таблиц с помощью специального *выводного устройства*.

Общий вид машины БЭСМ показан на рис. 1. На стойке прямо расположено арифметическое устройство и устройство управления, на стойке справа — оперативное запоминающее устройство, на стойке слева — внешнее запоминающее устройство, в центре — пульт управления вместе с устройством ввода-вывода.

На рис. 2 представлена общая блок-схема машины БЭСМ. Устройство управления имеет прямые и обратные связи непосредственно со всеми устройствами машины. По прямым связям из устройства управления поступают сигналы в какое-либо из устройств машины с целью исполнения того или иного действия. По обратным связям в устройство управления поступают сигналы, которые свидетельствуют о том, что выполнение очередного элементарного действия окончено или что очередная команда выполнена и можно переходить к следующей. Остальные связи отображают обмен кодами между отдельными устройствами машины.

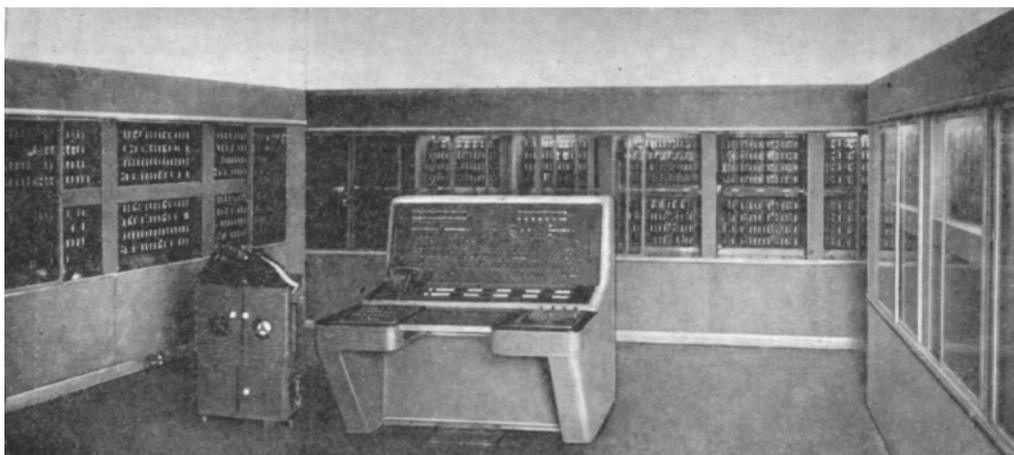
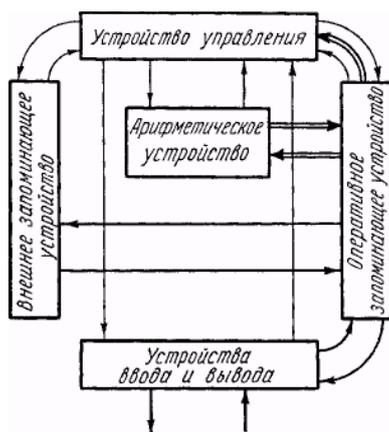


Рис. 1. «Быстродействующая электронная счетная машина» — БЭСМ

Коды передаются из вводного устройства в оперативное запоминающее устройство, а затем, если это требуется, во внешнее запоминающее устройство. В обратном порядке происходит вывод кодов из машины. Следует отметить, что при работе машины подобные обмены кодами составляют незначительный процент по сравнению с передачей кодов из оперативного запоминающего устройства в арифметическое



и обратно. Поэтому связь между арифметическим и оперативным запоминающим устройствами на блок-схеме показана особо. Так же показана и дополнительная связь, идущая из оперативного запоминающего устройства в устройство управления, свидетельствующая о передаче в устройство управления кода очередной команды для ее выполнения.

Электронные вычислительные машины находятся на начальном этапе своего развития. Непрерывно идет совершенствование машин, повышается их быстродействие, увеличивается надежность, уменьшаются габариты. Одновременно расширяются области применения машин, совершенствуются и разрабатываются новые математические методы и методы программирования.

Рис. 2. Блок-схема машины БЭСМ

Большие перспективы вычислительной техники открываются в результате применения полупроводниковых приборов. Использование явлений сверхпроводимости, миллимикросекундной техники, сверхвысокой частоты, пленочных материалов открывает новые пути построения электронных вычислительных машин.

Грандиозная программа строительства коммунизма, принятая на XXI съезде КПСС, вновь подчеркивает большое значение вычислительной техники для развития нашего народного хозяйства. В текущем семилетии намечено увеличение выпуска вычислительных машин в 4,5-4,7 раза. Перед учеными, инженерами, конструкторами стоит почетная задача создания новых первоклассных образцов вычислительной тех-

ники и применения их в качестве мощного орудия познания человеческим разумом явлений природы и использования их на благо человечества.

### **Основные характеристики машины БЭСМ.**

1. Система представления чисел — двоичная с учетом порядков. Количество разрядов для кодов чисел — 39. Цифровая часть числа — 32 разряда; знак числа — 1 разряд; порядок числа — 5 разрядов; знак порядка — 1 разряд.

Диапазон чисел, с которыми оперирует машина, примерно от  $10^{-9}$  до  $10^9$ . Точность вычисления примерно 9 десятичных знаков (возможны вычисления с удвоенной точностью).

2. Система команд — трехадресная. Количество разрядов для кодов команд — 39. Код операции — 6 разрядов; коды адресов — 3 адреса по 11 разрядов каждый.

3. В систему операций машины входит: 9 арифметических операций, 8 операций передач кодов, 6 логических операций, 9 операций управления — всего 32 операции<sup>1)</sup>.

Операции могут производиться как с нормализованными, так и с ненормализованными числами.

4. Скорость работы — 8-10 тысяч операций в секунду.

5. Система обмена кодами между арифметическим устройством и оперативным запоминающим устройством — параллельная.

6. Арифметическое устройство — одно, универсальное.

7. Управление выполнением операций — комбинированное: центральное для стандартных операций и местное для операций, время выполнения которых не укладывается в стандартный цикл центрального управления.

8. Вид оперативного запоминающего устройства — на ферритовых сердечниках. Емкость оперативного запоминающего устройства — 2047 39-разрядных чисел. Время выборки одного числа из оперативного запоминающего устройства составляет 10 мкс.

9. Внешние запоминающие устройства — магнитная запись на барабанах и лентах. Система ввода и вывода кодов в оперативное запоминающее устройство — последовательная.

10. Количество барабанов — два. Емкость запоминающего устройства на одном барабане 5120 чисел. Скорость считывания или записи с барабанов — 800 чисел в секунду. Частота импульсов магнитного барабана — около 35 КГц. Максимальное время ожидания первого числа — 80 мс, среднее — 40 мс.

11. Количество лент — четыре. Запись на магнитную ленту производится группами. Максимальное количество чисел в одной группе — 2047. Емкость каждой ленты — 30 000 чисел (ленты можно менять). Скорость считывания или записи с лент — 400 чисел в секунду. Частота следования импульсов с магнитной ленты около 16 КГц.

Магнитные ленты имеют как прямой, так и обратный ход. Рабочим является только прямой ход.

12. Первоначальный ввод программы и исходных данных производится с перфоленты со скоростью 20 кодов в секунду.

13. Печатающие окончательных результатов производится непосредственно на бумагу со скоростью до 20 чисел в секунду.

14. Контроль выхода числа из располагаемого количества разрядов — аварийный останов машины.

Определение неисправностей — системой тестов и переводом на ручную работу.

15. Количество электронных ламп — 4000. Количество полупроводниковых диодов — 5000. Количество ферритовых сердечников около 200 000.

16. Потребляемая мощность (без вентиляции) около 35 кВт.

17. Машина состоит из следующих основных частей:

<sup>1)</sup> Полный список операций, выполняемых БЭСМ, дан в гл. 2.

- 1) основной стойки, на которой располагаются арифметическое устройство и устройство управления машиной;
- 2) стойки оперативного запоминающего устройства на ферритовых сердечниках;
- 3) стойки внешнего запоминающего устройства со схемой управления и магнитными лентами;
- 4) двух магнитных барабанов;
- 5) пульта управления, на котором располагаются кнопки и ключи управления, а также мнемоническая схема с сигнализацией от основных элементов машины;
- 6) вводного устройства с перфоленты и печатающего выводного устройства;
- 7) источников питания в виде мотор-генераторов и буферной аккумуляторной батареи (располагаются в самостоятельном помещении);
- 8) вспомогательной аппаратуры: перфораторы, контрольные, стенды для проверки элементов и т. п.

18. Электронные схемы отдельных устройств БЭСМ выполнены по мелкоблочному принципу и собираются из стандартных блоков. Стандартные блоки смонтированы в двухламповых или в четырехламповых каркасах и заканчиваются тридцатиконтактным разъемом. Блоки вставляются в стандартные панели, на обратной стороне которых монтируется схема соединений. Панели располагаются на стойках. Для облегчения условий охлаждения по высоте стойки располагаются лишь две панели. Соединение цепей между отдельными панелями и между панелями и стойкой, как правило, осуществляется через разъемы. Это облегчает наладку и сборку машины при серийном изготовлении.

## ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ БЭСМ

### Глава 1. Представление чисел

#### § 1. Кодирование чисел.

БЭСМ оперирует с числами, представленными не в общепринятой десятичной системе, а в двоичной системе счисления.

В десятичной системе для написания чисел используются 10 цифр; в каждом разряде числа цифра может принимать десять значений: от 0 до 9. Число, представляемое цифрой некоторого разряда, в десять раз больше числа, представляемого аналогичной цифрой предыдущего (младшего) разряда.

В двоичной системе любое число может быть изображено с помощью всего лишь двух цифр: 0 и 1; цифра каждого следующего разряда представляет число, в два раза большее соответствующего числа для предыдущего разряда.

Последовательность целых чисел в двоичной и десятичной системах счисления запишется следующим образом.

Двоичная система

0, 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001 и т. д.

Десятичная система

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и т. д.

В общем виде целое число в двоичной системе может быть записано так:

$$x = k_0 \cdot 2^0 + k_1 \cdot 2^1 + k_2 \cdot 2^2 + \dots + k_n \cdot 2^n,$$

где  $k_0, k_1, \dots, k_n$  — цифры разрядов, принимающие значения 0 или 1. Такое изображение чисел называется *двоичным кодом* числа. Расположение разрядов в двоичном

изображении такое же, как и в десятичном: старшие разряды пишутся слева от младших.

Например, число 13, изображенное двоичным кодом:

1      1      0      1.

Двоичные цифры как множители при степени двойки:

$$1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0.$$

Сумма степеней:

$$8 + 4 + 0 + 1 = 13.$$

Арифметические действия над числами, представленными в двоичной системе, производятся так же, как и в десятичной системе, надо лишь помнить, что сложение двух единиц в каком-либо разряде дает нуль в данном разряде и перенос в следующий разряд. Так, например,

$$\begin{array}{r} 1010 \\ + 111 \\ \hline 10001 \end{array}$$

Умножение и деление в двоичной системе проще, чем в десятичной системе, так как таблица умножения ограничивается лишь умножением на 0 или 1. Например,

$$\begin{array}{r} 1010^x \\ \underline{101} \\ 1010 \\ 0000 \\ 1010 \\ \hline 110010 \end{array}$$

Выбор двоичной системы счисления для большинства электронных счетных машин обусловлен тем обстоятельством, что при этом значительно упрощается арифметическое устройство (главным образом за счет выполнения операций умножения и деления). Кроме того, цифру каждого разряда удобно представить, например, в виде включенного или отключенного реле, наличия или отсутствия сигнала в какой-либо цепи и т. п.

Отметим здесь же, что исходные данные для расчетов, а также результаты вычислений должны быть представлены, в машине в десятичной системе. Десятичные числа кодируются для представления в машине поразрядно — каждая цифра изображается в двоичной системе (так называемая *двоично-десятичная* система); для каждой десятичной цифры необходимо иметь четыре двоичных разряда. Например, число 978 изобразится так: 1001 0111 1000. Перевод чисел из двоично-десятичной системы счисления в двоичную и наоборот производится на машине по специальным программам.

## § 2. Представление чисел с учетом порядков.

В электронной вычислительной машине числа представляются определенным количеством разрядов. Положение запятой, отделяющей целую часть от дробной, может задаваться различными способами.

В ряде машин положение запятой для всех чисел закрепляется перед некоторым определенным разрядом — это машины с *фиксированной запятой*. Обычно запятая фиксируется перед первым старшим разрядом, т. е. все числа при расчете должны быть меньше единицы. Последнее обеспечивается выбором соответствующих масштабов. При сложных расчетах заранее трудно определить диапазон получаемых результатов, и поэтому приходится выбирать масштабы с запасом, что ведет к снижению точности, или же предусматривать в программе вычислений автоматическое изменение масштабов, что усложняет программирование.

В некоторых машинах положение запятой указывается для каждого числа — это машины с *учетом порядков*, или, как их еще называют, машины с *плавающей запятой*. Указание положения запятой эквивалентно представлению числа в виде его цифровой части и его порядка:

$$x = 2^p A; \quad A = 0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n,$$

где целое число  $p$ , указывающее положение запятой, — порядок, а правильная дробь  $A$  — цифровая часть числа. Если первая цифра величины  $A$  равна 1 ( $1/2 \leq A < 1$ ), то представление числа  $x$  в том случае называется *нормализованным*.

В результате арифметических действий с нормализованными числами может появиться число в ненормализованной форме, т.е. в виде  $2^p A_1$ , причем  $A_1 = 0, a_1, \dots, a_k, a_{k+1}, \dots, a_n$ , где  $a_1 = \dots = a_k = 0$  и  $a_{k+1} = 1$ . Тогда машина производит нормализацию числа, т.е. сдвигает разряды  $A_1$  на  $k$  единиц влево и уменьшает порядок  $p$  на  $k$ ,  $x = 2^{p-k} A$ , где  $A = 0, a_{k+1}, a_{k+2}, \dots, a_n$ .

Нормализованное представление чисел с порядками повышает точность вычислений и в большинстве случаев позволяет обойтись без выбора масштабов. Эти преимущества покупаются ценой усложнения арифметического устройства.

Дело в том, что при выполнении арифметических действий с учетом порядков необходимо предусмотреть дополнительные операции с порядками. Например, при сложении и вычитании порядки необходимо предварительно выровнять, сдвинув соответственным образом цифровые части чисел, участвующих в операции. При умножении и делении необходимо дополнительно предусмотреть сложение и вычитание порядков.

В некоторых случаях, например при действиях над командами, приходится иметь дело с числами, заданными в ненормализованном виде. Для этого в машинах предусматриваются операции с блокировкой нормализации результатов.

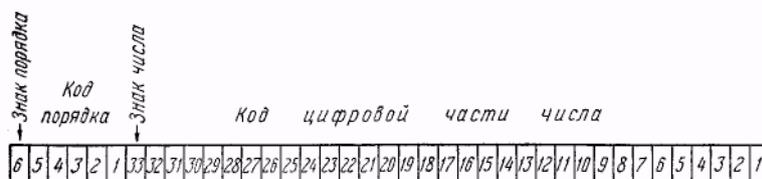


Рис. 3. Распределение разрядов кода числа

Числовой код БЭСМ имеет 39 двоичных разрядов. Для цифровой части числа отведено 32 двоичных разряда и для порядков — 5 двоичных разрядов. По одному разряду выделяется для знака числа и для знака порядка (рис. 3). Запятая выбрана перед старшим разрядом цифровой части числа.

Таким образом, диапазон чисел, с которыми может оперировать БЭСМ, лежит в пределах от  $2^{-32}$  до  $2^{+32}$  — примерно от  $10^{-9}$  до  $10^{+9}$ . Каждое число может иметь 32 двоичные цифры — примерно 9 десятичных цифр. (При желании на машине можно производить вычисления с удвоенной значностью чисел за счет снижения скорости вычислений.)

### § 3. Представление отрицательных чисел и отрицательных порядков.

Для учета знака чисел, представляемых в машине, необходимо иметь еще один дополнительный разряд в каждом числе. Пусть цифры 0 и 1 знакового разряда означают соответственно знаки «+» и «—». Тогда изображение положительного числа состоит из цифры 0 (изображение знака «+») и из абсолютной величины этого числа.

Для изображения отрицательных чисел употребляются различные коды.

1. *Прямой код* изображения отрицательного числа состоит из цифры 1 в знаковом разряде, за которой следуют цифры, отражающие абсолютную величину числа.

Прямой код отрицательного числа

$$-0, a_1 a_2 \dots a_n$$

имеет вид

$$1, a_1 a_2 \dots a_n$$

2. *Дополнительный код* отрицательного числа состоит из цифры 1 в разряде знака, за которой следуют цифры, изображающие дополнение абсолютной величины числа до единицы старшего разряда. Дополнительный код отрицательного числа

$$-0, a_1 a_2 \dots a_n$$

имеет вид

$$1, b_1 b_2 \dots b_n$$

где  $0, b_1 b_2 \dots b_n = 1 - 0, a_1 a_2 \dots a_n$ .

При использовании дополнительного кода сложение чисел сводится к сложению их изображений. При этом существует двоичный перенос в старший разряд — разряд знака, а из разряда знака переноса не существует. Отрицательная сумма получается всегда своим дополнительным кодом.

Существует также вариант дополнительного кода, так называемый *обратный код*, при котором в разряде знака отрицательного числа стоит по-прежнему единица, а в остальных разрядах находятся цифры, дополнительные к цифрам соответствующих разрядов прямого кода. Изображение числа

$$-0, a_1 a_2 \dots a_n$$

в обратном коде будет

$$1, a'_1 a'_2 \dots a'_n$$

где  $a'_i = 1$ , если  $a_i = 0$ , и  $a'_i = 0$ , если  $a_i = 1$ .

Дополнительный код отрицательного числа получается из обратного добавлением единицы в младший разряд.

Преобразование чисел из прямого кода в обратный несколько проще, чем в дополнительный. Однако детали производства арифметических операций (связанные, например, с округлением результатов, операцией выделения целой части и т. д.) проще реализуются в дополнительном коде.

Удобно представлять отрицательные числа дополнительным кодом для операций сложения и вычитания. Это обусловлено тем обстоятельством, что сумматор арифметического устройства производит лишь операцию сложения. Операция вычитания поэтому производится посредством прибавления дополнительного кода числа. Кроме того, если при операции сложения или вычитания результат получается отрицательным, то он будет представлен на сумматоре в виде дополнительного кода. При представлении отрицательных чисел дополнительным кодом отрицательный результат сложения или вычитания может быть непосредственно передан в запоминающее устройство.

При представлении же отрицательных чисел прямым кодом полученный на сумматоре в виде дополнительного кода отрицательный результат должен быть предварительно преобразован в прямой код и лишь после этого передан в запоминающее устройство.

Однако более сложные операции — операции умножения и деления — удобнее производить тогда, когда отрицательные числа заданы их прямыми кодами. В этом

случае операции производятся обычным путем, а знак результата получается посредством самостоятельных операций с кодами знаков.

Преобразования прямых кодов в дополнительные и обратно при операциях сложения и вычитания производить проще, чем аналогичные преобразования при умножении и делении. Поэтому для БЭСМ принято представлять цифровые части чисел прямыми кодами.

С порядками чисел производятся лишь операции сложения или вычитания. Поэтому для БЭСМ отрицательные порядки представляются дополнительными кодами.

#### § 4. Условно бесконечно большие числа и нуль.

При производстве арифметических действий над числами может получиться, что результат вычислений не укладывается в диапазон чисел, представляемых на машине. Если результат вычислений по абсолютной величине больше, чем максимальное число, которое может быть представлено на машине, то условно будем считать, что результат равен бесконечности. Если же результат вычислений меньше, чем минимальное число, которое может быть представлено на машине, то можно полагать, что результат равен нулю.

При составлении программ следует предусматривать, чтобы числа, получаемые в результате вычислений, не стали «условно бесконечными», т. е. не превысили по абсолютной величине максимального числа, изображаемого на машине. Образование условно бесконечно большого числа может поэтому возникнуть лишь в результате неправильного программирования поставленной задачи или же оно указывает на нецелесообразность производства дальнейших операций. В БЭСМ появление таких чисел вызывает остановку машины.

В результате действий могут возникать также «условно бесконечно малые числа», т. е. числа, меньшие по абсолютной величине, чем минимальное число, которое может быть представлено на машине. В случае появления такого числа машина оперирует с ним, как с нулем, что соответствует методике приближенных вычислений с ограниченным числом знаков.

Возможны два способа восприятия нуля машиной.

1. Число принимается равным нулю, если его порядок имеет минимальное значение, возможное на машине вне зависимости от кода самого числа, т. е. код порядка 1.00000 (равный —32) показывает, что число равно нулю.

2. Число принимается равным нулю, если его порядок имеет минимальное значение, возможное на машине, и код самого числа равен нулю, т. е. число равно нулю, когда код порядка будет 1.00000 и код числа будет 0.000...0.

Второй способ расширяет диапазон в сторону низших порядков на 32 разряда. С другой стороны, при наличии наименьшего порядка у числа (код порядка 1.00000) код самого числа в общем случае уже не будет нормализованным. Это усложняет производство арифметических операций, в первую очередь деления, а также схему блокировки. По существу, выигрыш в отношении увеличения диапазона порядков может быть получен и при первом способе индикации нуля путем добавления одного разряда в коде порядка; при этом расширение диапазона происходит на 32 разряда как в сторону низших, так и высших порядков.

Дополнение одного разряда в коде порядка, если это необходимо, лучше, чем производство операций с ненормализованными числами, имеющими наименьший порядок, по следующим причинам:

- 1) увеличивается рабочий диапазон машины как в сторону низших, так и высших разрядов;
- 2) операции с малыми числами производятся с полным объемом значащих цифр;
- 3) упрощается производство операций и блокировка.

В соответствии с этим выбран первый способ восприятия нуля, т. е. число принимается равным нулю, если вне зависимости от кода самого числа его порядок имеет минимальное значение, возможное на машине, т. е. значение 1.00000. В дальнейшем это значение порядка именуется как «код нуля» (или код «0»). Не следует смешивать термин «код нуля», например, с термином «нуль порядка», когда порядок равен нулю (0.00000).

§ 5. Сводка данных по представлению чисел на машине БЭСМ.

1. Числа на машине изображаются:

- а) кодом, представляющим цифровую часть числа — 32 разряда;
- б) кодом, характеризующим знак числа — один разряд;
- в) кодом, представляющим порядок числа — 5 разрядов;
- г) кодом, характеризующим знак порядка — один разряд.

2. Цифровая часть числа представляется прямым кодом, а знак числа характеризуется кодом знака (код знака 0 соответствует «+», код знака 1 соответствует «—»).

3. Порядок числа представляется дополнительным кодом и кодом знака порядка (аналогично знаку цифровой части).

4. Положение запятой в цифровой части числа принимается перед высшим разрядом, т. е. все цифровые части чисел меньше единицы.

5. Коды чисел, как правило, представляются в нормализованном виде, т. е. первая значащая цифра занимает высший разряд (цифровая часть больше или равна 1/2). При производстве арифметических действий результат нормализуется.

6. Предусматривается возможность производства операций с ненормализованными числами и исключения нормализации результата.

7. При получении в результате арифметических действий числа, большего максимально представимого на машине ( $2^{31}$ ), машина автоматически останавливается («аварийный останков»).

8. При получении числа, меньшего минимально представимого числа на машине ( $2^{-31}$ ), это число принимается за нуль, выражаемый как код порядка 1.00000.

## Глава 2. Система команд

§ 1. Операции БЭСМ.

В БЭСМ принята трехадресная система команд (рис.4). Каждый адрес (A1, A2, A3) имеет 11 двоичных разрядов, что соответствует емкости оперативного запоминающего устройства в 2047 ячеек (нулевой адрес не используется и при наличии его в адресе команды из оперативного запоминающего устройства поступает машинный нуль).

Для кода операции выделено 6 двоичных разрядов (АОп), что дает возможность иметь до 63 типов команд.



Рис. 4. Распределение разрядов кода команды

Из этих 6 разрядов, как правило, непосредственно для кодов команд используется 5 разрядов. Шестой разряд кода операций служит для блокировки нормализации результата в операциях с № 1 по № 16 (см. ниже). В других операциях он используется для получения дополнительных операций или вообще не используется.

Код операции определяет, какое действие следует произвести. В первом и втором адресах в большинстве команд указываются номера ячеек оперативного запоминающего устройства, в которых хранятся два числа, с которыми производится заданное действие. В третьем адресе задается номер ячейки запоминающего устройства, в которую посылается полученный результат.

Набор операций, принятый в машине, приведен в табл. 1. В таблице, помимо характеристики данной операции, указано также время, необходимое для ее выполнения. Это время включает выборку команды и чисел из запоминающего устройства, выполнение заданного действия и посылку результата в запоминающее устройство.

Операции, предусмотренные в машине, можно разбить на следующие группы.

*Арифметические операции* — сложение, вычитание, умножение, деление, умножение с выводом удвоенного количества разрядов, деление с выводом остатка, сложение порядков, вычитание порядков, изменение порядка по адресу.

*Операции передачи кодов* — передача числа нормальная, передача числа на печать, передача числа с регистров пульта управления, передача числа с изменением знака, передача числа по абсолютной величине, передача числа с изменением знака в зависимости от знака другого числа, передача порядка числа, обмен кодами между оперативным и внешними запоминающими устройствами.

*Логические операции* — сдвиг с блокировкой порядков, сдвиг по всем разрядам, сложение кодов команд, циклическое сложение, выделение целой части, логическое умножение.

*Операции управления* — сравнение двух чисел с учетом их знаков, сравнение двух чисел на равенство, сравнение двух чисел по абсолютной величине, передача на местное управление командами без гашения, передача на центральное управление командами без гашения, изменение номера команды на местном управлении командами, изменение номера команды на центральном управлении командами, останов условный, останов.

Операции, принятые на машине БЭСМ

Таблица 1

№ операции	6-й разряд кода операции	Код операции	Обозначение операции	Название операции	Характеристика операции	Время выполнения операции в мкс
1	2	3	4	5	6	7
1	0 1	00001 00001	+ , +*	Сложение Сложение с блокировкой нормализации	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, складывается с числом, номер ячейки которого указан во втором адресе. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Перед сложением чисел выравниваются их порядки. После сложения производится нормализация и округление результата.	65 ÷ 225
2	0 1	00010	- , -	Вычитание Вычитание с блокировкой нормализации	Из числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, вычитается число, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Перед вычитанием чисел выравниваются их порядки. После вычитания производится нормализация и округление результата.	65 ÷ 225

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
3	0 1	00011	x x	Умножение Умножение с блокировкой нормализации	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, умножается на число, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. При умножении порядки чисел складываются, а коды чисел умножаются. После умножения производится нормализация результата и его округление. В запоминающее устройство выводятся старшие 32 разряда произведения.	240
4	0	00100		Деление	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, делится на число, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. При делении порядки чисел вычитаются, а коды чисел делятся. Результат всегда получается нормализованным вне зависимости от блокировки нормализации. После деления производится округление результата.	250
5	0 1	00101	+П +П	Сложение порядков Сложение порядков с блокировкой нормализации	К порядку числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, прибавляется порядок числа, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Первое число с измененным порядком нормализуется и направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды.	65
6	0 1	00110	-П -П	Вычитание порядка Вычитание порядка с блокировкой нормализации	Из порядка числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, вычитается порядок числа, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Первое число с измененным порядком нормализуется и направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды.	65
7	0 1	00111	ИПА ИПА	Изменение порядка по адресу Изменение порядка по адресу с блокировкой нормализации	К порядку числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, прибавляется код второго адреса команды. Первое число с измененным порядком нормализуется и передается в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды.	65
				Умножение с выводом удвоенного количества разрядов	Операция производится в две команды.	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
8	0 1	01000	x (a)  x (a)	Команда умножения — <i>a</i> Команда умножения — <i>b c</i> блокировкой нормализации	<i>Первая команда:</i> число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, умножается на число, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Производится нормализация результата и первые 32 разряда произведения с их попятком направляются в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Округление блокируется.	240
9	0 1	01001	x (б)  .x (б)	Команда умножения — <i>b</i> Команда умножения — <i>b c</i> блокировкой нормализации Деление с выведением остатка	<i>Вторая команда:</i> последние 32 разряда произведения с порядком, оставшимся от команды x (a), нормализуются и направляются в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе. Адреса первый и второй в данной команде не используются. Фактический порядок результата будет на 32 меньше имеющегося порядка. Округление блокируется. Операция производится в две команды	65
10	0	01010	:(a)	Команда деления — <i>a</i>	<i>Первая команда:</i> число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, делится на число, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Частное направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. После деления округление частного не производится. Результат всегда получается нормализованным.	250
11	0	01011	:(б)  :(б)	Команда деления — <i>b</i> Команда деления — <i>b c</i> блокировкой нормализации	<i>Вторая команда:</i> остаток, имеющий порядок и знак делимого, направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе второй команды. Во втором адресе этой команды указывается номер ячейки запоминающего устройства, в которой хранится делимое. Если необходимо, то может быть произведена нормализация остатка. Первый адрес не используется.	65
12	0 1	01100	ПЧ  ПЧ	Передача числа нормальная Передача числа нормальная с блокировкой нормализации	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, нормализуется и передается в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Второй адрес не используется.	65
12а	1	01100	ПЧТ	Передача числа на печать	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, передается на печатающее устройство и печатается. Настоящая команда отличается от предыдущей наличием кода 1 в 10-м разряде второго адреса и обязательной блокировкой нормализации.	Время зависит от быстроты действия печатающего устройства

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
126	0 1	01100	ПЧР  ,ПЧР	Передача числа с регистров пульта управления Передача числа с регистров пульта управления с блокировкой нормализации	Команда «Передача числа с регистров пульта управления» отличается от операции «Передача числа нормальная» наличием кода 1 в 1-м, 2-м или 3-м разрядах второго адреса. Выбор регистра задается кодом второго адреса: 3-й разряд — триггерный контрольный регистр 2-й разряд - 2-й диодный регистр 1-й разряд - 1-й диодный регистр.	65
13	0 1	01101	ПЧ–  ,ПЧ–	Передача числа с изменением знака Передача числа с изменением знака и с блокировкой нормализации	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, нормализуется и передается с изменением его знака в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем команды. Второй адрес не используется.	65
14	0 1	01110	ПЧ  ,ПЧ	Передача числа по абсолютной величине Передача числа по абсолютной величине с блокировкой нормализации	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, нормализуется и передается по абсолютной величине в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Второй адрес не используется.	65
15	0 1	01111	ПЧ±  ,ПЧ±	Передача числа с изменением знака в зависимости от знака другого числа Передача числа с изменением знака в зависимости от знака другого числа с блокировкой нормализации	Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, нормализуется и передается в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Знак передаваемого числа изменяется на обратный, если знак числа, номер ячейки которого указан во втором адресе, отрицательный, и не изменяется, если знак этого числа положительный.	65
16	0 1	10000	↓  ,↓	Передача порядка числа Передача порядка числа с блокировкой нормализации	Порядок числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, представляется в виде нормализованного числа со своим порядком и направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Второй адрес не используется.	65÷225

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
17	0	10001	←	Сдвиг с блокировкой порядков	<p>Код числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, сдвигается на количество разрядов, указанных во втором адресе команды. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды.</p> <p>Сдвиг производится как влево, так и вправо в зависимости от кода 7-го разряда второго адреса (код 1 соответствует сдвигу вправо, код 0 — сдвигу влево).</p> <p>При сдвиге кода числа код его порядка не сдвигается и в запоминающее устройство не передается. Знак числа сохраняется и передается в запоминающее устройство вместе с результатом.</p>	65÷225
17а	1	10001	,←	Сдвиг по всем разрядам	<p>Операция «Сдвиг по всем разрядам» отличается от операции «Сдвиг с блокировкой порядков» тем, что сдвигается и число и порядок. В зависимости от направления сдвига порядок может быть сдвинут на разряды числа, а число — на разряды порядка. Направление сдвига определяется 7-м разрядом второго адреса, как и в предыдущей команде.</p>	65÷225
18	0	10010	СК	Сложение кодов команд	<p>Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, складывается с числом, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Результат с порядком первого числа направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Складываются только коды цифровых частей чисел и коды знаков; порядок второго числа не учитывается, т. е. при сложении порядки чисел не выравниваются. Нормализация результата не производится.</p>	65
18а	1	10010	,СК	Циклическое сложение	<p>Число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, складывается с числом, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. При сложении числа, их порядки и знаки рассматриваются как одно целое, т. е. перенос из разряда знака числа производится в 1-й разряд порядков. Кроме того, перенос из разряда знака порядка производится в 1-й разряд цифровой части числа.</p>	65
19**	0	10011	ЦЧ	Выделение целой части	<p>У числа, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, выделяется целая часть. Целая часть в виде числа с фиксированной запятой после младшего разряда и со своим знаком направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе команды. Дробная часть числа, приведенная к нулевому порядку и имеющая всегда положительный знак, направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан во втором адресе команды.</p>	65÷225

1	2	3	4	5	6	7
20	0	10100	<	Сравнение двух чисел с учетом их знаков	Сравнивается число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, с числом, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Если первое число меньше второго числа, то следующей выполняется команда, номер которой указан в третьем адресе. Если первое число больше или равно второму числу, то выполняется следующая по номеру команда. Сравнение чисел производится с учетом их знаков.	65
20а	1	10100	,<	Сравнение двух чисел на равенство	Сравнивается число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, с числом, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Если числа равны, то выполняется следующая по номеру команда. Если числа не равны, то следующей выполняется команда, номер ячейки которой указан в третьем адресе.	65
21	0	10101	<	Сравнение двух чисел по абсолютной величине	Сравнивается по абсолютной величине число, номер ячейки которого указан в первом адресе команды, и число, номер ячейки которого указан во втором адресе команды. Если первое число меньше второго числа, то следующей выполняется команда, номер ячейки которой указан в третьем адресе. Если первое число больше или равно второму числу, то выполняется следующая по номеру команда.	65
				Операция обращения к внешним запоминающим устройствам****)	Операция выполняется в две команды.	
22	0	10110	МЗ(а)	Обращение к внешнему запоминающему устройству («Магнитная запись») — а	<i>Первая команда.</i> В первом адресе указывается характер операции: а) запись, считывание или перемотка, б) барабан или лента, в) номер группы магнитного барабана или номер магнитной ленты (или перфоленты). Во втором адресе указывается номер ячейки на барабане или номер группы на ленте, с которых начинается операция. В третьем адресе указывается номер ячейки в оперативном запоминающем устройстве, с которой начинается операция.	65
23	0	10111	МЗ(б)	Обращение к внешнему запоминающему устройству («Магнитная запись») — б	<i>Вторая команда.</i> Во втором адресе указывается номер ячейки на барабане, на которой кончается операция, или число кодов в группе при обращении к ленте. В третьем адресе указывается номер ячейки во внутреннем запоминающем устройстве, куда записывается содержимое «контрольного счетчика» (см. ниже). Первый адрес команды не используется. При операции перемотки магнитной ленты все три адреса свободны.	Время зависит от количества передаваемых чисел

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
24	0	11000	ПМУК	Передача на местное управление командами без гашения	Передается управление командами с центрального на местное. Местное управление при этом не гасится и выполняются команды начиная с номера ячейки, стоящего на местном управлении.	65
25	0	11001	ПЦУК	Передача на центральное управление командами без гашения	Передается управление командами с местного на центральное. Центральное управление при этом не гасится, и выполняются команды, начиная с номера ячейки, стоящего на центральном управлении.	65
26	0		ИМУК	Изменение номера команды на местном управлении командами	Если работа производилась на центральном управлении, то она переходит на местное управление и выполняются команды, начиная с номера ячейки, который указан в третьем адресе. Если работа производилась на местном управлении, то она продолжается, но начиная с команды, номер которой указан в третьем адресе.	65
27	0	11011	ИЦУК	Изменение номера команды на центральном управлении командами	Если работа производилась на местном управлении, то она переходит на центральное управление и выполняются команды, начиная с номера ячейки, который указан в третьем адресе. Если работа производилась на центральном управлении, то она продолжается, но начиная с команды, номер которой указан в третьем адресе. По второму адресу в запоминающее устройство засылается команда, имеющая код операции ИЦУК, а в третьем адресе — увеличенный на единицу номер ячейки текущей команды.	65
28	0	11100	Ост Усл	Останов условный	Производится останов машины в случае, если включен специальный тумблер на пульте управления.	65
29	0	11101	Л	Логическое умножение	Производится поразрядное умножение двух чисел, номера ячеек которых указаны в первом и втором адресах команды. Результат направляется в ячейку запоминающего устройства, номер которой указан в третьем адресе. Умножение распространяется на все 39 разрядов.	65
30	0	11110			Данный код операции в машине не используется	65
31	0	11111	Ост	Останов	Производится останов машины с соответствующей сигнализацией	65
32	0	00000			Данный код операции используется для передачи числа с блокировкой нормализации	65
<p>* ) В случае блокировки нормализации результата перед условным обозначением операции ставится запятая. Характеристика операции дается для случая отсутствия блокировки.  ***) В операциях 19 и 21—31 наличие кода 1 в 6-м разряде кода операции на выполнение команды не влияет  *** ) Обращение к вводу устройству на перфоленте осуществляется таким же образом, как и к магнитной ленте при считывании.</p>						

## § 2. Дополнительные сведения об операциях.

Для большинства операций в табл. 1 приведены необходимые данные для определения их конкретного Но для некоторых операций требуются дополнительные пояснения.

*Операции с порядками.* В машине предусмотрены три разновидности команд при операциях над порядками: «Сложение порядков», «Вычитание порядков» и «Изменение порядка по адресу».

Рассмотрим более детально выполнение последней команды, так как при ее осуществлении имеются некоторые особенности.

В первом адресе этой команды задается адрес числа, у которого необходимо изменить порядок. Во втором адресе команды младшие шесть разрядов отводятся под код той величины, на которую изменяется порядок (остальные разряды на выполнение операции не влияют). При выполнении операции «Изменение порядка по адресу» происходит прибавление величины, стоящей во втором адресе, к порядку первого числа.

Если необходимо уменьшить порядок, то величина во втором адресе указывается дополнительным кодом (с кодом 1 в 6-м разряде адреса).

Пусть, например, необходимо у числа

порядок	цифровая
	часть
0.00111	0.1010..00

уменьшить его порядок на 5. Дополнительный двоичный код числа 5 указывается во втором адресе команды «Изменение порядка по адресу», который в этом случае будет иметь вид 00000111011.

После выполнения операции результат, отсылаемый в запоминающее устройство, будет иметь следующий вид:

0.00010    0.1010..00,

*Передача числа нормальная.* Одна из модификаций команды «Передача числа нормальная» (12 а) используется для передачи результата на печатающее устройство. При печати результата работа машины останавливается до завершения печати.

Другая модификация команды передачи (12 б) предусмотрена для передачи чисел с триггерного или диодных регистров. Коды на этих регистрах устанавливаются кнопками с пульта управления. Этой операцией удобно пользоваться для ввода в машину новых величин в ходе вычислительного процесса, даже не останавливая машину.

*Передача порядка.* В ряде случаев необходимо иметь порядок числа, представленный в виде обычного числа с его порядком, с тем чтобы с ним можно было производить дальнейшие арифметические действия.

Максимальное число, которое может быть записано в разрядах порядка, равно 0.11111, т.е. 31. А порядок для данного максимального кода будет 5 (0.00101). Поэтому при выполнении команды «Передача порядка» в разрядах порядка устанавливается код 0.00101, а в старшие пять разрядов числа засылается код порядка.

Например, порядок 0.01101 представится в виде числа таким образом:

0.00101    0.0110100..00.

Если в команде предусмотрена блокировка нормализации, то число в таком же виде запишется в запоминающее устройство.

В случае, если блокировка нормализации отсутствует, то порядок отсылается в запоминающее устройство лишь после того, как результат операции приведет

к нормализованному виду. В данном примере мы получим

$$0.00100 \quad 0.110100,.. .00.$$

*Сдвиг с блокировкой порядка.* При этой операции сдвигается только цифровая часть числа. Порядок со своим знаком, а также знак числа в операции сдвига не участвуют. Знак отсылается в запоминающее устройство в прежнем виде, а порядок числа вообще не передается.

Количество разрядов, на которое надо сдвинуть цифровую часть, задается прямым кодом во втором адресе команды сдвига. Направление сдвига определяется 7-м разрядом. Код 0 в этом разряде соответствует сдвигу влево, а код 1 — сдвигу вправо.

Рассмотрим пример. Допустим, что цифровую часть числа

$$0.01011 \quad 1.11010000.. .00$$

необходимо сдвинуть вправо на три разряда, т. е. во втором адресе (A2) стоит код 00001000011.

После выполнения операции число отсылается в запоминающее устройство в следующем виде:

$$0.00000 \quad 1.00011010.. .00.$$

В случае сдвига влево 7-й разряд второго адреса имеет код 0, а в запоминающее устройство в нашем случае отсылается результат следующего вида:

$$0.00000 \quad 1.10000000.. .00.$$

*Сдвиг по всем разрядам.* При этой операции сдвигаются все разряды числа, включая порядок, знак порядка и знак числа.

Пусть, например, требуется сдвинуть все разряды числа

$$0.01011 \quad 0.11010000.. .00$$

влево на два разряда, т. е. второй адрес (A2) имеет код 00000000010.

Результат, отсылаемый в запоминающее устройство, имеет вид

$$1.01101 \quad 1.01000000.. .00.$$

При сдвиге вправо на два разряда имеем:

$$0.00010 \quad 1.10110100.. .00.$$

*Сложение команд.* Операция «Сложение кодов команд» введена для изменения адресов команд. В этой операции к адресам команды, вызываемой по первому адресу, прибавляется код, вызываемый по второму адресу. Если рассматривать команду, вызванную по первому адресу, как число, то в операции сложения участвуют все разряды цифровой части числа и его знак, а порядок и знак порядка (соответствуют коду операции) отсылаются в запоминающее устройство в прежнем виде. Например:

Код числа, выбранный по адресу A1 ... 0.01100 0.11010000.. .00

Код числа, выбранный по адресу A2 ... 0.00011 0.01000000.. .00.

Полученный результат имеет следующий вид:

$$0.01100 \quad 1.00010000.. .00.$$

Порядок второго числа в операции не участвует. Выравнивания порядков, нормализации результата и округления не производится.

*Циклическое сложение.* В этой операции происходит равноправное сложение кодов всех 39 разрядов с циклическим переносом из старшего разряда в младший.

Если имеется перенос из разряда знака числа, то он поступает в первый разряд порядка, а перенос из разряда знака порядка поступает в первый разряд числа. Например:

1-й код	1.11011	1.11010000. . .
2-й код	0.01001	1.11100000. . .
Результат	0.00101	1.10110000. . .

Данная операция используется преимущественно для целей контроля. Так, например, посредством циклического сложения можно получить контрольную сумму результатов какого-либо этапа расчетов. Произведя повторный расчет с подсчетом новой контрольной суммы, можно убедиться в правильности расчета путем сравнения полученных контрольных сумм.

*Выделение целой части.* Особенностью данной операции является то, что выделенная целая часть числа располагается в младших разрядах цифровой части числа, отосланного на запоминание по третьему адресу. Дробная часть, запоминаемая по второму адресу, всегда положительна и приведена к нулевому порядку, т. е. может быть и в ненормализованном виде.

Например, после выделения целой части числа 26,25, имеющего вид

0.00101    0.110100100. .00,

мы получим целую часть (26)

0.00000    0.00..011010

и дробную часть (0,25)

0.00000    0.010..00.

Целая часть отрицательного числа —26,25 будет иметь вид

0.00000    1.00..011011

(т.е. —27) и дробная часть (0,75) —

0.00000    0.110. .00.

*Обращение к внешним запоминающим устройствам.* Для выполнения операции обмена кодами между оперативными и внешними запоминающими устройствами используются две команды МЗ(а) и МЗ(б). Команда МЗ(а) является подготовительной, а МЗ(б) — исполнительной.

Команду МЗ(а) определяют следующие коды:

1. Код операции МЗ(а) — 10110 в разрядах с 34-го по 38-й кода команды.
2. Код адреса А1. В коде этого адреса указывается характер операции, номер барабана, номер группы на барабане или номер ленты. Разряды адреса распределены следующим образом:
  - 1-й, 2-й и 3-й разряды отведены для указания номера группы на барабане или номера ленты.
  - 4-й разряд определяет, к какому из барабанов производится обращение. Код 0 в этом разряде соответствует одному барабану, а код 1 - другому.
  - 5-й разряд — наличие кода 1 в этом разряде определяет перемотку ленты со считыванием определенной группы.
  - 6-й разряд не используется.
  - 7-й разряд — наличие кода 1 определяет перемотку ленты без считывания.
  - 8-й разряд — наличие кода 1 определяет обращение к магнитным лентам.

9-й разряд — наличие кода 1 определяет обращение к барабанам. 10-й разряд определяет характер передачи кодов; считывание (код 0) или запись (код 1),

3. Код адреса А2. При обращении к одному из барабанов в разрядах с 1-го по 10-й указывается номер ячейки на барабане, с которой следует начать считывание или запись. При обращении к одной из лент в разрядах с 1-го по 6-й указывается номер группы, которую следует считать или записать, или номер группы, до которой следует произвести перемотку.

4. Код адреса А3. В разрядах этого адреса указывается номер ячейки в оперативном запоминающем устройстве, с которой следует начать запись или считывание.

Команду МЗ(б) определяют следующие коды:

1. Код операции МЗ(б) — 10111.

2. Код адреса А1 — разряды этого адреса в данной операции обмена кодами не используются. Они могут быть использованы для других целей.

3. Код адреса А2. Указывается номер ячейки магнитного барабана, на которой следует закончить передачу кодов, или количество кодов, которое следует считать с магнитной ленты или записать на нее.

4. Код адреса А3. В разрядах этого адреса располагается номер ячейки оперативного запоминающего устройства, в которой следует записать показания «контрольного счетчика». Счетчик подсчитывает количество разрядов в передаваемой информации, имеющих код 1. Он состоит из пяти разрядов, и подсчет ведется по модулю 32. Код из счетчика располагается в младших пяти разрядах цифровой части числа.

Более подробные сведения о всех операциях даны во второй части монографии (гл. 5—8, опущенных в данном издании), где рассматривается методика производства операций на машине.

### Глава 3. Скелетная схема БЭСМ

#### § 1. Основные устройства.

В состав электронных вычислительных машин, как правило, входят следующие основные устройства:

А. Арифметические устройства, на которых производятся арифметические действия над кодами чисел, а также другие операции с кодами чисел и кодами команд.

Б. Запоминающие устройства, в которых хранятся коды чисел и команд. Эти коды в заданные моменты времени могут быть переданы из запоминающих устройств в другие устройства машины и обратно.

В. Устройства управления, обеспечивающие автоматичность вычислительного процесса. Эти устройства производят выборку требуемых чисел из запоминающих устройств, задают действие, которое нужно произвести с этими числами, осуществляют отсылку результата в запоминающие устройства, выбирают следующую команду.

Г. Вводные и выводные устройства, служащие для ввода исходных данных и программы вычислений, а также для печатания полученных результатов вычислений.

На машине БЭСМ принято одно универсальное арифметическое устройство (АУ), выполненное на триггерных ячейках (рис.5). На этом арифметическом устройстве производятся все действия над кодами чисел и кодами команд.

Так как представление чисел производится с учетом порядков, а действия с цифровыми частями чисел и с их порядками отличны друг от друга, то арифметическое устройство разделяется на две части: арифметическое устройство чисел (АУЧ) и арифметическое устройство порядков (АУП). Каждое из этих арифметических

устройств имеет по сумматору (СмЧ и СмП), на которых производятся арифметические действия с кодами чисел, и по два приемных регистра (БЗ1Ч, БЗ1П и БЗ2Ч, БЗ2П) для приема кодов двух чисел, с которыми производится заданное действие. Выполнение того или иного действия с кодами чисел обуславливается работой устройства управления.

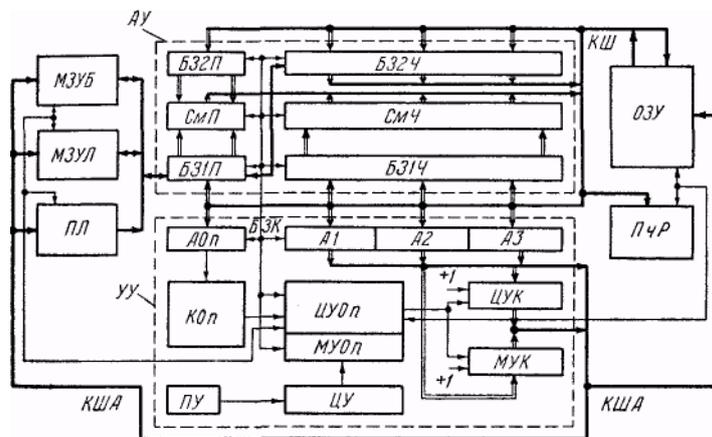


Рис. 5. Скелетная схема БЭСМ

Запоминающее устройство электронных счетных машин характеризуется его емкостью — количеством хранимых кодов — и скоростью выборки кодов. Из известных видов запоминающих устройств наиболее быстродействующими являются запоминающие устройства на электронно-лучевых трубках и на магнитных элементах, имеющих прямоугольную петлю гистерезиса. Эти виды запоминающих устройств позволяют производить выборку кода для всех разрядов одновременно (параллельная выборка кода) и не требуют ожидания выборки требуемого кода, как это имеет место в запоминающих устройствах с электроакустическими трубками или магнитным барабаном.

На машине БЭСМ до последнего времени в качестве оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) использовалось запоминающее устройство на электронно-лучевых трубках. Это устройство позволяет обеспечить скорость выборки до 100 000 кодов в 1 секунду и имело емкость 1023 кода.

В 1956 г. в качестве основного вида оперативного запоминающего устройства было введено в действие устройство на магнитных элементах (МОЗУ).

Этот вид запоминающего устройства, хотя в данном, конкретном случае обладает такими же параметрами по скорости, как и запоминающее устройство на электронно-лучевых трубках, имеет значительно меньшие размеры, большую емкость (2047 кодов), проще и надежнее в эксплуатации.

Оперативное запоминающее устройство участвует непосредственно в процессе вычислений; из этого устройства коды чисел или команд поступают в арифметическое устройство и в другие блоки машины. Выборка кодов из запоминающего устройства и посылка в него результатов вычислений обуславливаются работой устройства управления.

Имеющаяся емкость оперативного запоминающего устройства (2047 кода) является недостаточной для решения широкого круга задач. Увеличение емкости запоминающего устройства путем дублирования ОЗУ нерационально, так как это приводит к существенному увеличению аппаратуры и тем самым снижает надежность работы

машины в целом. Для увеличения количества хранимых кодов чисел или команд применен другой вид запоминающего устройства с использованием магнитной записи на барабане и на лентах (МЗУБ и МЗУЛ).

Магнитный барабан конструктивно представляет собой полый цилиндр, выполненный из немагнитного материала. В движение он приводится мотором. Поверхность этого цилиндра покрыта тонким слоем ферромагнитного лака. Вдоль образующей магнитного барабана расположены головки, которые служат для записи и считывания кода с поверхности барабана.

Недостатком запоминающего устройства с магнитным барабаном является то обстоятельство, что при выборке требуемого кода необходимо ожидать, пока этот код подойдет под считывающую головку. При однорядных головках в худшем случае это время равно времени одного оборота барабана. Указанное обстоятельство исключает применение магнитного барабана в качестве оперативного запоминающего устройства.

Однако при решении задач, требующих хранения большого количества кодов чисел, как правило, одновременно приходится оперировать лишь с небольшой группой чисел и, закончив вычисления с данной группой, переходить к следующей. Коды чисел, с которыми приходится оперировать одновременно, конечно, должны храниться в оперативном запоминающем устройстве. Но после того как вычисления с данной группой закончены, эти числа могут быть заменены новыми. Подобная замена может быть произведена путем передачи кодов новой группы чисел с магнитного барабана в оперативное запоминающее устройство. Предусматривается также и обратная передача из оперативного запоминающего устройства на магнитный барабан группы кодов чисел. Подобная передача требуется для хранения промежуточных результатов, которые используются в дальнейших вычислениях.

Кроме кодов чисел, на магнитном барабане могут храниться также коды подпрограмм, которые используются на отдельных этапах вычислений. В том случае, когда коды с магнитного барабана или на него передаются группами, одно число за другим, время ожидания момента, когда подойдет требуемый код, имеет значение лишь для первого числа. В этом случае такие обращения к барабану не сильно сказываются на общем времени решения задачи.

В запоминающем устройстве на магнитных лентах используется стандартная магнитная лента, широко применяемая для звукозаписи. Конструкция лентопротяжек несколько отличается от обычных магнитофонов, так как в данном случае требуются большие скорости движения ленты. Лента при движении проходит под двоякой головкой, одна половина которой предназначена для записи и считывания кодов, а другая — для записи и считывания синхронизирующих сигналов.

Магнитные ленты менее оперативны, чем магнитный барабан. Для барабана время ожидания прихода первого кода для любой группы чисел в худшем случае равно времени одного оборота барабана. Для магнитной ленты в худшем случае, когда лента стоит под считывающими головками началом, а требуемая группа находится в конце, необходимо перемотать всю ленту. С другой стороны, количество хранимых чисел на магнитных лентах несравненно больше, чем на магнитных барабанах.

Запоминающее устройство на магнитных лентах используется в основном так же, как и магнитный барабан. Передача и прием кодов осуществляются группами.

Непосредственный обмен кодами между магнитными лентами и магнитным барабаном требует точной синхронизации скоростей обоих устройств. Указанное обстоятельство приводит к чрезмерному усложнению устройств, и потому от подобной передачи пришлось отказаться. При необходимости передать коды с магнитной ленты на магнитный барабан или обратно эти коды предварительно должны быть переданы в оперативное запоминающее устройство.

Устройство управления (УУ) машиной должно обеспечить полную автоматичность вычислительного процесса. Выполнение тех или иных действий над числами и выборка этих чисел из оперативного запоминающего устройства, а также отсылка результата в соответствующую ячейку оперативного запоминающего устройства определяются кодом команды. Для выполнения текущей команды необходимо ее код передать во временное запоминающее устройство. Для этой цели в машине предусмотрен блок запоминания команд (БЗК), выполненный на триггерных ячейках.

Выборка кодов команд из оперативного запоминающего устройства на блок запоминания команд обычно производится в порядке следования их номеров. Иногда такой порядок следования команд нарушается. Например, команды условного или безусловного перехода задают номер следующей команды в своем третьем адресе.

Кроме того, должен быть обеспечен переход от основной программы к подпрограмме и после ее завершения — возвращение к основной программе. Для последнего случая удобно иметь два блока, ведающих выборкой кодов из оперативного запоминающего устройства, так как при переходе к подпрограмме необходимо сохранить номер команды основной программы до момента обратного возвращения к основной программе.

В соответствии с этим требованием в машине предусмотрены два блока управления командами: блок центрального управления командами (ЦУК) и блок местного управления командами (МУК). (Следует отметить, что эти блоки используются также и для осуществления обмена кодами между оперативным и внешним запоминающим устройствами.)

Блоки центрального и местного управления командами представляют собой электронные счетчики с возможностью гашения имеющегося кода и приема кода из блока запоминания команды. Прибавление единицы к имеющемуся в ЦУК или МУК коду обеспечивает выборку команд в порядке следования их номеров. Прием нового кода с блока запоминания команд дает возможность осуществить условный или безусловный переход и переход к подпрограммам с последующим возвратом к основной программе.

Характер работы отдельных блоков машины зависит от выполняемой операции. Операция задается кодом, находящимся в группе АОп на блоке запоминания команд. Для того чтобы подготовить соответствующие цепи на других блоках для выполнения требуемой операции, необходимо код операции превратить в управляющее напряжение. Это производится коммутатором операций (КОп). На вход коммутатора операций подается заданный код; на выходной цепи, соответствующей производимой операции, получается управляющее напряжение. Это управляющее напряжение подготавливает требуемые цепи в других блоках машины.

Для выполнения заданной операции принята комбинированная система центрального и местного управления операциями. Те операции, которые являются общими для большинства команд и которые не вызывают существенного увеличения времени выполнения других команд, производятся от центрального управления операциями (ЦУОп).

Те же операции, которые являются индивидуальными для тех или иных команд и которые при осуществлении их от центрального управления вызвали бы существенное замедление выполнения других команд, производятся от местного управления (МУОп). Переключение с центрального управления на местное и с местного на центральное осуществляется автоматически.

Работа блока центрального управления операциями заключается в подаче управляющих импульсов или потенциалов в отдельные устройства машины. Эти импульсы или потенциалы вырабатываются блоком центрального управления (ЦУ) и поступают в те или иные устройства машины от блока ЦУОп в зависимости от кода

выполняемой операции, т. е. в зависимости от того, на какой из выходных цепей коммутатора операций имеется управляющее напряжение.

Блок центрального управления (ЦУ) циклически повторяет вырабатываемые им импульсы и потенциалы. Цикл работы центрального управления определяет цикл работы машины и включает в себя выборку двух чисел из запоминающего устройства, выполнение заданной операции с этими числами, посылку результата в запоминающее устройство и прием следующей команды. Если какая-либо из операций требует местного управления операциями, то на время работы машины от местного управления центральное управление останавливается и продолжает свой цикл лишь после завершения работы местного управления.

Запуск машины и контроль за ее работой осуществляются с пульта управления (ПУ). На пульте управления предусматривается возможность переключения на ручную и автоматическую работу машины, а также работу по циклам.

При ручной работе импульсы, определяющие темп работы машины, задаются нажатием ключа (при каждом нажатии выдается одиночный импульс). При этом можно по сигнальным лампам, расположенным на мнемонической схеме пульта, проследить за правильностью работы отдельных элементов машины.

При автоматической и циклической работе темп работы машины задается частотой главного генератора импульсов. При циклической работе автоматически выполняется лишь одна операция. После окончания операции машина останавливается и для выполнения следующей операции требуется снова нажать ключ пуска. Циклическая работа позволяет видеть результат после выполнения каждой операции, что особенно существенно при отладке программы.

При автоматической работе все операции по заданной программе выполняются без вмешательства человека. Машина работает до тех пор, пока не закончится весь процесс вычислений, после чего машина останавливается. Возможен также «аварийный» останов машины с соответствующей сигнализацией на пульте управления в тех случаях, когда происходит, например, выход числа из количества располагаемых разрядов.

Первоначальный ввод чисел и команд в машину осуществляется с перфоленты (ПЛ) последовательным кодом. В качестве преобразователя кодов из последовательного в параллельный и обратно служит арифметическое устройство.

Окончательный вывод результатов вычислений производится с помощью печатающего устройства (ПЧР).

Таким образом, скелетная схема БЭСМ (рис. 5) состоит из следующих основных устройств.

1. Арифметическое устройство (АУ) с его блоками:
  - а) 1-й блок запоминания кода числа (БЗ1Ч);
  - б) 1-й блок запоминания кода порядка (БЗ1П);
  - в) 2-й блок запоминания кода числа (БЗ2Ч);
  - г) 2-й блок запоминания кода порядка (БЗ2П);
  - д) сумматор кодов чисел (СмЧ);
  - е) сумматор кодов порядков (СмП).
2. Устройство управления (УУ) с его блоками:
  - а) блок центрального управления машиной (ЦУ);
  - б) блок управления командами (УК), состоящий из блока запоминания команд (АОп, А1, А2, А3), счетчиков центрального и местного управления командами (ЦУК МУК) и коммутатора операций (КОп);
  - в) блок центрального управления операциями (ЦУОп);
  - г) блок местного управления операциями (МУОп);
  - д) пульт управления (ПУ).
3. Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

4. Внешнее запоминающее устройство на магнитных барабанах (МЗУБ) и магнитных лентах (МЗУЛ).
5. Устройство ввода на перфоленте (ПЛ).
6. Устройство печатания результатов вычислений (ПчР).

## § 2. Типовая последовательность работы.

Рассмотрение работы машины удобнее всего начать с момента поступления кода команды на блок запоминания команд (БЗК). Код команды в большинстве случаев состоит из следующих групп:

1. Код операции, указывающий, какая операция должна быть произведена (находится в разрядах АОп).
2. Код номера ячейки запоминающего устройства, в которой хранится код первого числа (находится в разрядах А1).
3. Код номера ячейки запоминающего устройства, в которой хранится код второго числа (находится в разрядах А2).
4. Код номера ячейки запоминающего устройства, в которую должен быть послан результат (находится в разрядах А3).

Так, например, код команды

АОп	А1	А2	А3
000001	00000000001	00000000010	00000000011

означает: «сложить (код в АОп) число, находящееся в первой ячейке запоминающего устройства (код в А1), с числом, находящимся во второй ячейке запоминающего устройства (код в А2), и их сумму направить в третью ячейку запоминающего устройства (код в А3)».

При поступлении кода команды на блок БЗК код операции с АОп воздействует на коммутатор операций (КОп) и возбуждает одну из его выходных цепей, соответствующую заданной операции. Управляющее напряжение на этой выходной цепи подготавливает цепи в блоке управления операциями (ЦУОп), необходимые для выполнения заданной операции (в рассматриваемом примере — цепи, необходимые для производства операции сложения). Затем соответствующий импульс от устройства центрального управления (ЦУ) через подготовленные цепи на блоке ЦУОп передает код номера первого адреса с А1БЗК по коммутационным шинам адреса (КША) в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), после чего происходит выборка кода числа (в рассматриваемом примере — из первой ячейки запоминающего устройства).

Выбранный код числа по коммутационным шинам (КШ) передается в первый блок запоминания арифметического устройства (Б31Ч и Б31П). Таким образом, в Б31Ч будет находиться цифровая часть первого числа, а в Б31П — код его порядка. В зависимости от заданной операции с этими кодами производятся те или иные действия. При операции сложения код числа передается с Б31Ч на сумматор числа (СмЧ), а код его порядка — с Б31П на СмП.

По окончании приема первого числа на арифметическое устройство импульс от ЦУ через блок ЦУОп передает код номера второго адреса с А2БЗК по КША и происходит выборка кода числа из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду номера с А2БЗК (в рассматриваемом примере — из второй ячейки запоминающего устройства).

Выбранный код числа по КШ передается во второй блок запоминания арифметического устройства (Б32Ч и Б32П). Таким образом, в Б32Ч будет находиться код второго числа, а в Б32П — код его порядка. В зависимости от заданной операции с этими кодами производятся те или иные действия.

При операции сложения первоначально производится выравнивание порядков обоих чисел, так как складывать можно лишь числа одного порядка. Выравнивание порядков производится путем сдвига кода числа с меньшим порядком вправо. Так как количество сдвигов зависит от разности порядков обоих чисел, то эта операция может занимать различное количество времени. Поэтому при выравнивании порядков центральное управление останавливается и сдвиг осуществляется от местного управления операциями (МУОп). По окончании выравнивания порядков от ЦУОп производится сложение кодов чисел.

После производства заданного действия над числами в арифметическом устройстве получается результат вычисления. Однако прежде чем передать результат в запоминающее устройство, необходимо его нормализовать (если только в коде команды нет блокировки нормализации), т.е. представить в таком виде, чтобы первая значащая цифра занимала старший разряд. Так как время, необходимое для нормализации, может оказаться самым различным, то эта операция производится при остановленном центральном управлении операциями от МУОп.

После нормализации результата соответствующий импульс ЦУ через блок ЦУОп передает код адреса с АЗБЗК по КША и выбирает номер ячейки ОЗУ, в которую должен быть послан результат. Одновременно код числа с АУ поступает в ОЗУ и запоминается в выбранной ячейке (в рассматриваемом примере — в третьей ячейке).

На этом заканчивается выполнение заданной команды, и машина переходит к вызову следующей команды.

Если управление производится блоком ЦУК, то после выполнения заданной команды к коду, имеющемуся в блоке ЦУК, прибавляется единица (цепь «+1»). Блок ЦУК представляет собой накапливающий счетчик, и добавление к нему единицы увеличивает на 1 имевшийся в нем ранее код. Соответствующим импульсом ЦУ этот код передается с ЦУК по КША и происходит выборка кода следующей по порядку команды из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду номера команды. Выбранный код команды по КШ передается в блок запоминания команд, и машина приступает к выполнению следующей команды.

Если управление выборкой команд из запоминающего устройства производится блоком МУК, то операция происходит точно так же, как и при управлении блоком ЦУК, за исключением того, что единица добавляется к коду на блоке МУК и передается с него на ОЗУ. Блок МУК совершенно идентичен блоку ЦУК.

Большинство команд выполняется на машине в рассмотренной только что последовательности, а именно:

- 1) возбуждение цепей, определяющих характер выполнения заданной команды (передача кода операции с АОп на КОп и выдача управляющего напряжения с КОп на ЦУОп);
- 2) выборка кода первого числа из ОЗУ в соответствии с кодом его адреса в А1БЗК и прием кода первого числа на АУ (передача кода с А1БЗК на КША, выборка кода из ОЗУ на КШ и передача его на АУ);
- 3) выборка кода второго числа из ОЗУ в соответствии с кодом его адреса в А2БЗК и прием кода второго числа на АУ (передача кода с А2БЗК на КША, выборка кода из ОЗУ и передача его на АУ);
- 4) производство на АУ тех или иных действий с кодами чисел, в зависимости от заданной операции, и получение на АУ результата;
- 5) передача кода результата из АУ в ОЗУ в соответствии с кодом адреса ячейки в АЗБЗК (передача кода с АЗБЗК на КША, выборка ячейки в ОЗУ и передача в нее кода результата из АУ);
- 6) выборка кода следующей по номеру команды из ОЗУ и передача его в БЗК (изменение на единицу кода в ЦУК или МУК, передача его на КША, выборка кода команды с ОЗУ и передача его на БЗК).

### § 3. Последовательность работы при операциях передачи управления.

Для ряда операций, приведенных выше, последовательность работы машины нарушается. В основном это относится к операциям, связанным с изменением обычной последовательности вызова очередной команды.

Изменения порядка выполнения команд в зависимости от результата вычисления осуществляются на машине командами сравнения. Код команды сравнения состоит из следующих групп.

1. Код операции (в АОп), указывающий, что должна быть произведена операция сравнения двух чисел и в зависимости от результата сравнения выбрана для исполнения команда из той или иной ячейки.
2. Код номера ячейки запоминающего устройства, в которой хранится код первого сравниваемого числа (в А1).
3. Код номера ячейки запоминающего устройства, в которой хранится код второго сравниваемого числа (в А2),
4. Код номера ячейки запоминающего устройства, в которой хранится код команды, к исполнению которой следует перейти, если выполняется некоторое условие.

Если же это условие не выполняется, то исполняется следующая по порядку команда.

Так, например, код команды

АОп	А1	А2	А3
010100	0000000001	0000000010	0000100000

означает: сравнить (код в АОп) число, находящееся в первой ячейке запоминающего устройства (код в А1), с числом, находящимся во второй ячейке запоминающего устройства (код в А2). Если первое число меньше второго числа, то следующей должна выполняться команда, находящаяся в 64-й ячейке запоминающего устройства; если же первое число больше или равно второму числу, то должна быть взята следующая по номеру команда.

При поступлении кода команды сравнения на блок БЗК код операции с АОп воздействует на коммутатор операций (КОп) и возбуждает его выходную цепь, соответствующую операции сравнения. Управляющее напряжение на этой выходной цепи подготавливает цепи в блоке ЦУОп, необходимые для выполнения заданной операции сравнения.

Затем соответствующий импульс от ЦУ через подготовленные цепи на блоке ЦУОп передает код адреса первого числа с А1БЗК по КША и происходит выборка кода числа из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду адреса (в рассматриваемом примере — из первой ячейки ОЗУ). Выбранный код числа по КШ передается в Б31Ч и Б31П и затем в СмЧ и СмП.

По окончании приема первого числа на АУ импульс от ЦУ через блок ЦУОп передает код адреса второго числа с А2БЗК по КША и происходит выборка кода числа из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду адреса (в рассматриваемом примере — из второй ячейки ОЗУ). Выбранный код числа по КШ передается в Б32Ч и Б32П.

Арифметическое устройство производит сравнение двух принятых чисел, и если первое число меньше второго, то возбуждаются цепи, которые от импульсов ЦУ через блок ЦУОп гасят код, имевшийся на блоке ЦУК, и передают на него по КША код с АЗБЗК. Если же первое число больше второго или равно ему, то возбуждаются другие цепи, гашения кода на ЦУК не происходит, а к имеющемуся коду на ЦУК прибавляется единица.

Полученный код на блоке ЦУК соответствующим импульсом ЦУ передается с ЦУК по КША и происходит выборка кода следующей команды из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду адреса команды. Выбранный код команды по

КШ передается в БЗК, и машина приступает к выполнению следующей команды (если управление выборкой команд производилось блоком МУК, то все указанные выше операции производятся на блоке МУК, а не ЦУК).

В случае необходимости перехода от основной программы к какой-либо подпрограмме в основную программу включается команда «Изменение номера команды на местном управлении командами». Работа на местном управлении при этом начинается с команды, адрес которой указан в третьем адресе выполняемой команды (в первом и втором адресах коды отсутствуют).

Так, например, код команды

АОп	А1	А2	А3
011010	0000000000	0000000000	0000100000

означает: изменить номер команды на местном управлении командами (код АОп), если работа производилась на центральном управлении, то перейти на местное управление и работу начать с команды, номер которой указан в А3 (0000100000).

При поступлении на блок БЗК кода такой команды код операции с АОп воздействует на коммутатор операций (КОп) и возбуждает соответствующую выходную цепь. При этой команде выборка кодов чисел с ОЗУ не производится и АУ в операции не участвует.

Соответствующие импульсы ЦУ через блок ЦУОп переключают управление командами с блока ЦУК на блок МУК, гасят код, имевшийся на блоке МУК, и передают на него по КША код с АЗБЗК. Затем код, полученный на блоке МУК, соответствующим импульсом ЦУ передается с МУК по КША и происходит выборка кода первой команды подпрограммы из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду номера команды. Выбранный код команды по КШ передается в БЗК, и машина приступает к выполнению заданной подпрограммы.

При переключении управления командами с центрального на местное код, имевшийся в блоке ЦУК, остается неизменным на все время выполнения заданной подпрограммы.

В конце каждой подпрограммы ставится команда: «Передача на центральное управление командами без гашения». Код такой команды имеет лишь код операции в разрядах АОп. Во всех остальных адресах коды отсутствуют, т. е. код команды будет

АОп	А1	А2	А3
011001	0000000000	0000000000	0000000000

При поступлении кода такой команды на блок БЗК код операции с АОп воздействует на КОп и возбуждает соответствующую выходную цепь. При этой команде выборка кодов чисел с ОЗУ не производится и АУ в операциях не участвует.

Соответствующие импульсы ЦУ через блок ЦУОп переключают управление командами с блока МУК на блок ЦУК и прибавляют единицу к коду, имевшемуся в блоке ЦУК. Затем код, полученный на блоке ЦУК, соответствующим импульсом ЦУ передается с ЦУК на КША и происходит выборка кода следующей по порядку команды основной программы из ячейки ОЗУ, соответствующей переданному коду номера команды. Выбранный код команды по КШ передается в БЗК, и машина возвращается к вычислениям по основной программе.

Кроме двух команд: «Изменение номера команды на местном управлении командами» и «Передача на центральное управление без гашения», имеются еще две команды, обратные по своему характеру: «Изменение номера команды на центральном управлении командами» и «Передача на местное управление без гашения».

Таким образом, введение центрального и местного управления командами позволяет в любом месте основной программы перейти к вычислениям по любой подпро-

грамме и после завершения вычислений по заданной подпрограмме вновь вернуться к прерванному месту основной программы. Введение такого управления значительно упрощает программирование решения задач.

Необходимо отметить, что команда «Изменение номера команды на центральном управлении командами» (ИЦУК) в последнее время была модернизирована. При выполнении этой команды, помимо основного назначения, формируется так называемая *команда возврата*, которая записывается в ОЗУ по второму адресу А2 (ранее он не использовался). Команда возврата представляет собой обычную команду ИЦУК, в третьем адресе которой указан номер команды, на которую следует возвратиться после выполнения подпрограммы (он равен номеру исполняемой команды, увеличенному на единицу). Наличие такой возможности позволяет выполнять подпрограммы с автоматическим возвратом к основной программе и без блока МУК.

#### § 4. Последовательность работы при операциях обращения к МЗУ.

Существенно отличается от стандартной последовательность работы машины при выполнении операций, связанных с обменом кодов между оперативным запоминающим устройством и магнитными запоминающими устройствами (и перфолентой). На машине предусмотрены следующие передачи кодов:

1. Передача кодов с магнитной ленты в оперативное запоминающее устройство.
2. Передача кодов из оперативного запоминающего устройства на магнитную ленту.
3. Перемотка ленты до заданного номера группы.
4. Передача кодов с перфоленты (вводное устройство) в оперативное запоминающее устройство.
5. Передача кодов из оперативного запоминающего устройства на магнитный барабан.
6. Передача кодов с магнитного барабана в оперативное запоминающее устройство.

Все перечисленные операции, как уже упоминалось, выполняются в две команды МЗ(а) и МЗ(б).

При поступлении на БЗК кода первой команды МЗ(а) код операции с АОп воздействует на КОп и возбуждает необходимую выходную цепь. Соответствующий импульс ЦУ передает код с А1БЗК по КША на внешнее запоминающее устройство. Этот код подготавливает цепи выборки: перфолента, магнитная лента или барабан; считывание или запись; номер группы барабана или номер ленты.

Следующий импульс ЦУ передает код с А2БЗК на КША и подготавливает цепи выборки требуемого номера ячейки на барабане или номера группы чисел на ленте. Затем импульсы ЦУ гасят код, имевшийся на МУК, передают по КША код из АЗБЗК на МУК, прибавляют единицу к коду, имеющемуся на ЦУК, и передают получившийся код с ЦУК в ОЗУ. Происходит выборка кода следующей команды из соответствующей ячейки ОЗУ, который по КШ передается на БЗК.

При поступлении на БЗК второй команды «Магнитная запись — б» происходит останов ЦУ и управление машиной передается на внешнее запоминающее устройство.

Когда подойдет номер числа, с которого надо начать, например, считывание (в случае магнитного барабана), открываются цепи, связывающие магнитный барабан с оперативным запоминающим устройством, и коды чисел последовательно поступают на один из сдвиговых регистров АУ. Когда код одного числа полностью окажется на регистре, происходит передача его в оперативное запоминающее устройство по адресу, имеющемуся на МУК. Затем прибавляется единица к коду на МУК, что обеспечивает выборку следующей ячейки.

В случае записи процесс происходит в обратном порядке. Код параллельно поступает на регистр АУ и, последовательно сдвигаясь, разряд за разрядом записывается на барабан.

В начале передачи кодов чисел одновременно передается также код адреса с А2БЗК на внешнее запоминающее устройство, которое контролирует окончание магнитной записи. Когда подойдет номер числа, на котором следует окончить магнитную запись, запускается ЦУ и машина продолжает работать по основной программе.

В случае считывания с магнитной ленты передача кодов начинается тогда, когда подойдет группа чисел, номер которой задан в А2 команды МЗ(а). После этого коды чисел с магнитной ленты поступают последовательно на сдвиговый регистр АУ. Операция продолжается до тех пор, пока не считывается заданное количество кодов данной группы чисел, после чего выключается из работы МЗУЛ, запускается ЦУ и машина продолжает работать по основной программе.

В случае записи на магнитную ленту операция начинается, как только лента достигнет нормальной скорости. Предварительно записывается код номера группы, который был передан в МЗУ с адреса А2 в подготовительной команде. Затем код с МУК передается по КША в ОЗУ, выбирается код числа из соответствующей ячейки ОЗУ и поступает на регистр АУ. С регистра код числа последовательно поступает на МЗУЛ и записывается на соответствующей ленте. После окончания приема одного числа прибавляется единица к коду на МУК; новый код адреса передается с МУК в ОЗУ, выбирается код числа из соответствующей ячейки и передается на регистр. Код с А2БЗК второй команды магнитной записи, посланный во внешнее запоминающее устройство, контролирует количество записанных кодов чисел. Когда количество записанных кодов будет равно заданному, операция магнитной записи заканчивается, запускается ЦУ и машина продолжает работать по основной программе.

Обращение к вводному устройству на перфоленте (ПЛ) осуществляется таким же образом, как и к магнитной ленте при операции «Считывание», в две команды.

### **§ 5. Контроль работы машины.**

При решении задач необходимо иметь уверенность в правильности работы машины. Большое число элементов и особенно электронных ламп требует повышенного внимания к вопросам контроля. Отказ в работе хотя бы одного элемента, хотя бы одной лампы может привести к неправильным результатам вычислений.

Контроль правильности работы машины осуществляется на БЭСМ путем задания серии тестов. Эти тесты сводятся к решению по специальным программам ряда элементарных задач с заранее известными ответами. При расхождении полученного и заданного ответов машина автоматически останавливается. Тесты составляются таким образом, чтобы охватить при работе все элементы машины, причем в наиболее тяжелых для них режимах.

Особое внимание при тестовых испытаниях уделяется электронным лампам. Для этой цели работа по тестам проводится при ухудшенном режиме работы электронных ламп. Благодаря этому выявляются лампы, находящиеся вблизи границы надежной работы, и обеспечивается гарантия правильной работы машины на определенный срок. Ухудшение режима электронных ламп осуществляется изменением накала или смещения.

В случае неисправности какого-либо элемента его необходимо достаточно быстро обнаружить и исправить. Для быстрого обнаружения неисправного элемента система тестов построена таким образом, что расхождение ответов на отдельных этапах проверки обычно дает указание, в каком устройстве имеется неисправность. Сигнализация на пульте управления помогает уточнить местоположение неисправного блока. Окончательное установление места повреждения производится или по осциллографу,

или путем переключения машины на одиночную работу. При проверке по осциллографу устанавливается операция, дающая ошибку, и машина запускается в режиме многократного повторения этой операции. Осциллографом просматривается работа блоков, могущих привести к данной ошибке, и устанавливается неисправный или малонадежный блок. При переключении на одиночную работу каждое нажатие пускового ключа дает лишь один управляющий сигнал, выполняющий на машине какую-либо элементарную операцию. За выполнением этих элементарных операций можно наблюдать по сигнальным лампам на пульте управления и во многих случаях определить неисправный элемент.

Такими методами удастся достаточно быстро определить неисправный или малонадежный блок и заменить его резервным. (Определение причин неисправности в блоке и ее устранение производятся вне машины на контрольных стендах.)

Наибольшие неприятности доставляют неисправности, связанные с плохими контактами в ламповых панелях, разъемах и местах плохой пайки. Недостаточно надежный контакт приводит к случайным сбоям в работе машины, которые не всегда проявляются при тестовых проверках. Для выявления таких мест при проведении тестов создается вибрация отдельных плат и блоков. При этом ухудшаются условия работы контактов и удается установить малонадежные места.

Профилактические испытания машины по тестовым программам при ухудшенном режиме работы ламп проводятся периодически. Чем сильнее ухудшается режим работы ламп, тем на больший срок может быть гарантирована правильная работа машины, но зато и большее число ламп будет выходить из строя. На БЭСМ профилактическая проверка машины производится, как правило, один раз в сутки.

Тестовые испытания машины исключают систематические ошибки при производстве вычислений. Однако, ввиду огромного количества операций, производимых машиной, полностью не исключена возможность случайной ошибки (например, вследствие кратковременного скачка питающего напряжения). Поэтому результаты вычислений обязательно должны быть проверены вне зависимости от проверки правильности работы отдельных элементов машины.

Возможны методы аппаратного контроля правильности вычислений. Однако эти методы усложняют схему машины и увеличивают количество аппаратуры.

Дополнительные схемы контроля сами могут явиться причиной неправильной работы машины и, кроме того, обычно они не охватывают работы всех элементов машины. Поэтому для БЭСМ принят метод логического контроля правильности расчетов, выполняемый непосредственно самой программой вычислений.

Простейшим примером метода логического контроля является применяемый при ручных вычислениях «расчет в две руки», т. е. производство двух расчетов и сопоставление их результатов. Так как систематическая ошибка исключается проверочными тестами, то совпадение результатов двух расчетов является достаточной гарантией правильности произведенных вычислений.

Помимо «расчета в две руки», в зависимости от типа задачи могут применяться более сложные методы логического контроля.

Так, например, при решении системы линейных уравнений проверкой вычислений может служить подстановка найденных неизвестных в исходное уравнение. Если после такой подстановки результат не превышает заданной точности вычислений, то это является достаточной гарантией правильности вычислений. При численном интегрировании дифференциальных уравнений с учетом, например, третьих разностей проверкой правильности вычислений может служить величина следующей четвертой разности. Если величина четвертой разности не превышает заданной точности вычислений, то это указывает на правильность вычислений. Может быть применен также следующий метод логического контроля: дополнительно к требуемым величинам вычисляются также вспомогательные величины, являющиеся след-

ствием первых. Так, например, при решениях уравнений баллистики могут быть составлены дифференциальные уравнения не только для составляющих скорости ( $V_x$  и  $V_y$ ), но также и для полной скорости  $V$ . Проверкой вычислений будет являться сравнение вычисленного значения  $V^2$  с величиной  $V_x^2 + V_y^2$ . Точно так же проверкой вычислений может служить сравнение значений какой-либо величины, найденной различными методами вычислений. Например, при решении дифференциальных уравнений сопоставление двух расчетов, проведенных при различном шаге, является достаточной гарантией правильности вычислений.

При вычислении таблиц по рекуррентным формулам можно во многих случаях вычислить ряд опорных значений другими методами. Верный выход на опорные значения является достаточной гарантией правильности всех подсчитанных промежуточных значений.

#### Глава 4. Принципы построения основных устройств

Машина БЭСМ сконструирована в основной своей части из отдельных стандартных блоков, схемы которых смонтированы в двухламповых или четырехламповых каркасах. Эти блоки расположены на стойках, по которым разведены межблочные соединения. Устройство управления и арифметическое устройство занимают одну отдельную стойку. Оперативное запоминающее устройство и внешнее запоминающее устройство на магнитных барабанах и магнитных лентах также расположены на отдельных стойках. Такое отдельное расположение различных узлов значительно упрощает техническую эксплуатацию машины и делает возможным проводить профилактическую подготовку и проверку машины автономно по стойкам.

##### § 1. Стандартные блоки.

В машине имеется несколько типов стандартных блоков: триггерный блок, вентиляционный блок, блок формирователей, блок катодных повторителей, блок инверторов, блок цепочки переносов, диодные блоки и блоки линий задержек. Эти блоки были специально разработаны применительно к условиям работы машины и тщательно исследованы.

На этих основных типах блоков построены схемы устройства управления и арифметического устройства, а также автоматика управления запоминающих устройств. Поэтому надежность работы всей машины в значительной степени определяется надежностью работы стандартных блоков. Работоспособность стандартных блоков БЭСМ перед установкой их на машину определяется на специальном стенде для испытания блоков. Все стандартные блоки машины БЭСМ в комплексе допускают изменения постоянных питающих напряжений на  $\pm 2\%$ , а напряжение накала на  $\pm 10\%$ .

Каждый каркас стандартного блока имеет один разъем, с помощью которого блок соединяется со стойкой. Разъем имеет три ряда ножевых контактов, по 10 штук в каждом ряду. К этим контактам подводятся цепи, необходимые для работы схемы: питающие напряжения, входные и выходные сигналы.

*Триггерный блок.* Одним из основных элементов, входящим во все устройства машины, является триггерная ячейка (блок Т). Триггерная ячейка имеет два устойчивых состояния, что весьма удобно для представления кодов чисел в двоичной системе; одному состоянию (положению) приписывается значение кода 0, другому — значение кода 1. Состоянию «1» соответствует высокий потенциал на выходной шине Вых «1», а состоянию «0» — высокий потенциал на выходной шине Вых «0». В схеме блока Т предусмотрены два входа на установку триггера в положение «1» ( $У«1»$ ) и два — на установку в положение «0» ( $У«0»$ ).

При действии импульса на обе сетки триггерной ячейки последняя меняет одно свое устойчивое состояние на другое. Подобный режим работы позволяет использовать триггер в качестве счетной ячейки для сложения кодов чисел. Счетный вход (СчВх) получается путем соединения входов У«1» и У«0».

Весьма просто получается также на триггере импульс двоичного переноса в высший разряд в случае перехода триггера из положения «1» в положение «0». Для этой цели нулевой перепад анодного напряжения триггера дифференцируется и полученный импульс двоичного переноса подается на вход триггера следующего разряда.

Триггерные ячейки используются в БЭСМ не только для сложения кодов, но также и для промежуточного запоминания кодов. В этом случае импульсы кода подаются лишь на одну из сеток триггера. На другую сетку подается «гасящий» импульс (устанавливающий триггер в положение «0»). Кроме того, триггерные ячейки используются в БЭСМ для сдвига кодов вправо или влево.

Со стороны сеток триггер защищен диодами так, чтобы паразитные импульсы не вызывали его срабатывания.

В электронных счетных машинах режим работы триггеров несравненно сложнее, чем у обычных счетчиков. Поэтому к триггерам в электронных счетных машинах предъявляются значительно более строгие требования в отношении надежности их работы, помехоустойчивости, быстроты перехода из одного устойчивого состояния в другое и т. п.

*Блоки ламповых вентиляей.* Для управления отдельными цепями электронной счетной машины широко применяются вентиляльные схемы. Электронные вентили являются устройствами совпадения и работают по логическому закону «и», т.е. на выходе вентиля сигнал возникает лишь в том случае, когда имеются управляющие напряжения на всех его входах. Если на одном из входов не будет управляющего напряжения, то не будет сигнала и на выходе вентиля.

В одном вентиляльном блоке (В) смонтировано два отдельных вентиля. Каждый вентиль имеет свой импульсный трансформатор. Концы обмоток выходного трансформатора выведены на самостоятельные контакты, так же как и аноды вентиляльных ламп. Это сделано с целью возможности включать оба вентиля на один какой-либо трансформатор для осуществления собирательной схемы. Вентили можно использовать в качестве усилителей. В обычной схеме включения на один из входов вентиля подается перепад напряжения с блока Т.

Разновидностью блока В является блок вентиляей с линией задержки (ВЗ). Сочетание вентиля с линией задержки широко используется в схеме арифметического устройства для осуществления сдвигов и переноса. В блоке ВЗ имеются две линии задержки, начало и конец которых выведены на отдельные контакты разъема. Время задержки одной линии составляет  $0,3 \text{ мкс} \pm 20\%$ .

*Блоки формирования импульсов.* В отдельных цепях БЭСМ необходимо формировать импульсы. Формирование импульсов требуется в тех случаях, когда на пути прохождения импульса имеются большие емкости и малые сопротивления. При этом импульсы искажаются по форме и меняют свою амплитуду. Между тем надежность работы отдельных устройств БЭСМ значительно повышается, если импульсы имеют стандартную форму и амплитуду. Кроме того, в некоторых устройствах приходится маломощным импульсом управлять большим количеством элементов, а также получать импульсы путем дифференцирования фронта перепада напряжения.

Для этих целей в машине применены специальные блоки формирователей. Таких блоков имеется два типа. Один из них, блок Ф, с более мощным выходным сигналом и более строгой его формой, применяется в цепях сдвига и для стробирования импульсов сквозного переноса на арифметическом устройстве.

Второй тип формирователя используется в основном в цепях передачи кодов из одного устройства в другое. По схеме этот формирователь объединен с вентиляем

и называется блоком ВФ. Такая комбинация широко используется в выходных цепях машины.

*Блоки катодных повторителей.* В тех случаях, когда необходимо маломощные потенциалы подавать на большие нагрузки, в БЭСМ предусмотрены катодные повторители, которые, слабо нагружая питающие цепи, позволяют значительно повысить мощность выходного сигнала.

Установка катодных повторителей между отдельными устройствами развязывает работу этих устройств и тем самым повышает надежность. В машине использованы два типа катодных повторителей (применительно к различной величине нагрузки).



Рис. 6. Стандартные блоки

*Блоки инверторов.* Для инвертирования перепадов напряжения используются блоки инверторов, которые широко применяются в схемах устройства управления.

Первый тип блока инверторов является усилителем мощности и применяется как переходной элемент при работе триггерных регистров на электронные коммутаторы. (В одном таком блоке расположены два инвертора.)

Второй тип блока инверторов предназначен для инвертирования перепадов напряжения и получения схем совпадения для потенциалов низкого уровня. (В таком блоке расположены четыре инвертора.)

*Блок цепочки переносов.* Для осуществления сквозного переноса при сложении двух чисел на сумматоре арифметического устройства предусмотрен блок Ц, называемый цепочкой переносов. Схема блока Ц смонтирована в четырехламповом каркасе.

Этот блок имеет три входа (рис.7), один из которых подключен к единичному выходу триггера (Вых «1»Т), на другой вход подается стробирующий сигнал, обеспечивающий получение переноса в следующий разряд и, наконец, третий вход предназначен для приема импульса переноса из предыдущего разряда (Вх П). Перенос в следующий разряд выдается по цепи Вых П. Второй выход блока Ц, обеспечивающий установку на нуль триггера данного разряда при прохождении импульса переноса через цепочку, на рисунке не показан.

*Блоки дешифраторов и диодных сборок.* В дешифраторах, в схемах цепей объединения, а также в схемах совпадения используются блоки, выполненные на полупроводниковых диодах. Один такой блок можно использовать для дешифратора на четыре или на восемь выходов.

Схемы объединения выполняются на блоках диодных сборок. Комбинацией из этих блоков можно получать схемы дешифраторов на 16, 32 и более выходов.

*Блок линий задержек.* В отдельных блоках БЭСМ требуется задержать на некоторое время поступающий импульс, чтобы за это время успел сработать тот или другой элемент. Для этой цели в машине применены электромагнитные линии задержки, которые смонтированы в блоке ЛЗ.

В этом блоке размещены четыре линии задержки, со временем задержки 0,6 мкс каждая. Входы и выходы линий задержек, а также отводы через 0,2 мкс выведены

на отдельные контакты с целью иметь возможность путем последовательного включения получать время задержки до 2,4 мкс.

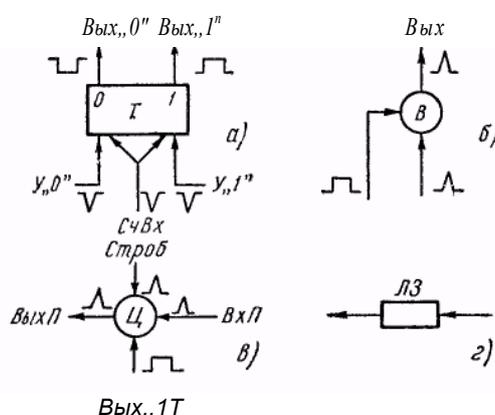


Рис. 7. Условные обозначения основных элементов: а — триггерная ячейка; б — вентиль; в — цепочка переносов; г — линия задержки

Все перечисленные блоки относятся к группе стандартных блоков, они применяются во всех устройствах машины. Внешний вид некоторых из них показан на рис. 6.

Другая группа блоков — нестандартные блоки — обладают некоторыми специфическими особенностями и используются только на каком-либо одном устройстве.

К таким блокам, например, можно отнести усилители записи и считывания на магнитных барабанах и магнитных лентах. Описание этих блоков будет дано при рассмотрении соответствующих устройств.

На рис. 7 даны условные обозначения основных элементов БЭСМ, которые применяются на функциональных схемах настоящего выпуска. Условные обозначения других элементов и подробный разбор их устройства даются во втором выпуске настоящего издания.

## § 2. Арифметическое устройство.

Арифметическое устройство имеет следующие блоки:

- 1) первый блок запоминания кода числа — БЗ1Ч,
- 2) первый блок запоминания кода порядка числа — БЗ1П,
- 3) второй блок запоминания кода числа — БЗ2Ч,
- 4) второй блок запоминания кода порядка числа — БЗ2П,
- 5) блок суммирования кодов чисел — СмЧ,
- 6) блок суммирования кодов порядков — СмП.

Между отдельными блоками арифметического устройства должны быть предусмотрены связи, обеспечивающие следующие возможности:

- 1) прием кодов чисел и порядков с кодовых шин (КШ) на оба приемных регистра;
- 2) передача прямого или дополнительного кода с приемного регистра на сумматор;
- 3) выдача результата с сумматора прямым кодом на кодовые шины КШ.

Осуществление этих связей показано на рис. 8. Прием кодов осуществляется приемными вентилями ПЧ1 и ПП1, ПЧ2 и ПП2. На один вход этих вентилях подаются импульсы с кодовых шин КШП и КШЧ, а на другой — сигналы от центрального управления операциями (см. гл.3).

С целью сокращения количества аппаратуры предусмотрены лишь следующие передачи с регистров на сумматор: передача прямым и дополнительным кодами с первого регистра числа (+Ч1 и —Ч1); передача прямым кодом с первого регистра порядков (+П1); передача прямым и дополнительным кодами со второго регистра порядков (+П2 и —П2).

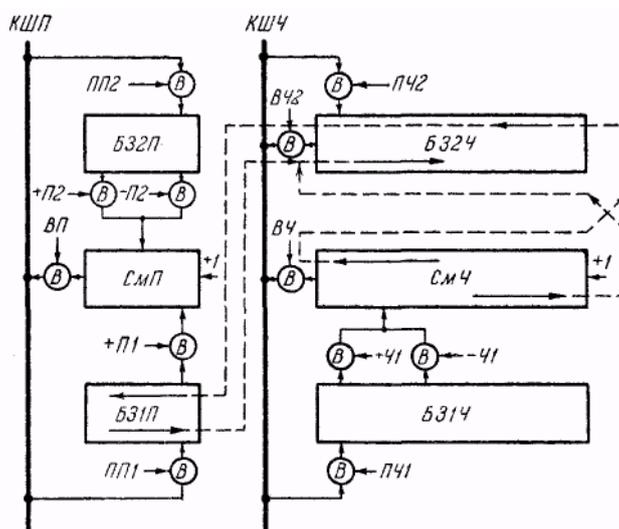


Рис. 8. Блок-схема арифметического устройства

Второй регистр числа (Б32Ч) непосредственно с сумматором не связан. Передача с Б32Ч на СМЧ требуется лишь для операции сложения и производится после выравнивания порядков обоих слагаемых. Так как первое слагаемое находится на СМЧ, то Б31Ч свободно и передача второго слагаемого с Б32Ч на СМЧ производится путем выдачи кода с Б32Ч на кодовые шины (вентили ВЧ2) и приема его на Б31Ч (вентили ПЧ1), а затем с Б31Ч на СМЧ прямым или дополнительным кодом.

На арифметическом устройстве для порядков отсутствует передача дополнительным кодом с Б31П на СМП, так как для всех операций, предусмотренных в машине, подобного действия не требуется.

Выдача результата с сумматора на кодовые шины прямым кодом выполняется вентилями ВЧ и ВП. Кроме того, как уже упоминалось, предусмотрена выдача кода на кодовые шины с Б32Ч (ВЧ2).

Для сложения двух чисел необходимо предварительно выровнять их порядки, что производится путем сдвига вправо кода числа, имеющего меньший порядок, на соответствующее количество разрядов. Так как заранее не известно, какое число имеет меньший порядок, то возможность сдвига кода числа вправо должна быть предусмотрена для обоих чисел, на блоках СМЧ и Б32Ч. (Сдвиги в блоках на рис. 8 условно обозначены стрелками.)

Для нормализации результата на блоке СМЧ должен быть предусмотрен также сдвиг влево.

При умножении множимое принимается на Б31Ч, а множитель — на Б32Ч. Операция умножения осуществляется следующим образом: код множителя на Б32Ч сдвигается вправо на один разряд. Если при этом на правом выходе Б32Ч получается импульс, соответствующий коду 1, то множимое прибавляется с Б31Ч на СМЧ. Затем

частичное произведение на СмЧ сдвигается вправо на один разряд и поступает на старший разряд БЗ2Ч (см. пунктир на рис.8). Таким образом, для осуществления операции умножения необходимо обеспечить возможность сдвига кодов чисел вправо как на БЗ2Ч, так и на СмЧ.

При делении делимое устанавливается на СмЧ, а делитель — на БЗ1Ч. Операция деления осуществляется путем вычитания или прибавления кода делителя к содержанию сумматора числа и последующего сдвига этой величины влево. Коды, выходящие со старшего разряда СмЧ, определяют коды частного, которые поступают на младшие разряды БЗ2Ч (см. пунктир на рис.8). Чтобы старшие разряды частного заняли старшие разряды БЗ2Ч, необходимо обеспечить возможность сдвига кода на БЗ2Ч влево. Таким образом, операция деления требует осуществления сдвига кодов влево на БЗ2Ч и СмЧ.

Для осуществления операции сдвига кода числа по всем разрядам (39 разрядов), а также для преобразования кода из последовательного в параллельный и обратно при обращении к внешнему запоминающему устройству на магнитных барабанах и лентах предусмотрен сдвиг вправо и влево на блоке БЗ1П. Причем при сдвиге влево код со старших разрядов БЗ2Ч поступает на младшие разряды БЗ1П, а при сдвиге вправо код с младших разрядов БЗ1П поступает на старшие разряды БЗ2Ч.

Данная схема связей блоков АУ позволяет за счет несколько более сложной передачи кодов уменьшить количество требуемой аппаратуры.

Значительное внимание было уделено ускорению операции сложения кодов чисел, являющейся основной операцией. При сложении кодов чисел необходимо учитывать двоичный перенос из разряда в разряд. Наиболее простое решение получается по схеме, изображенной на рис. 9.

При подаче на счетный вход триггерной ячейки импульса кода она переходит из одного состояния равновесия в другое. Это эквивалентно прибавлению единицы

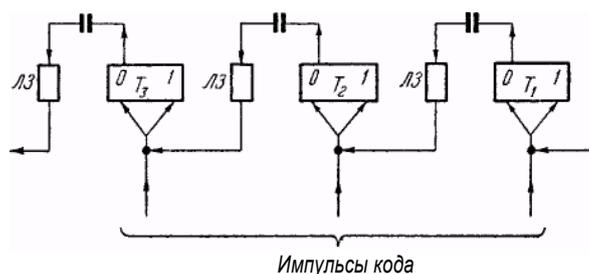


Рис. 9. Элементарная схема сумматора

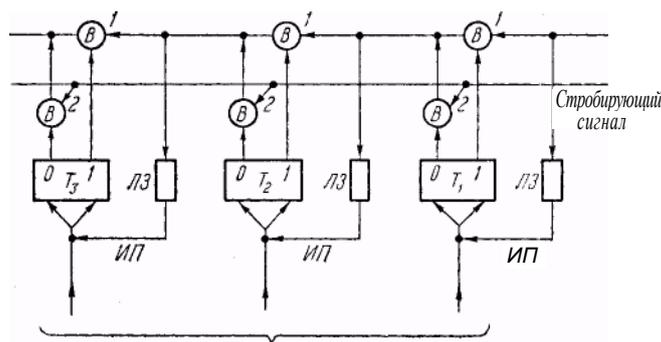
к коду, имевшемуся в триггерной ячейке. При переходе триггерной ячейки из положения «1» в положение «0» на соответствующем аноде триггера возникает импульс переноса ИП, который подается на вход следующей триггерной ячейки. Для четкой работы триггера необходимо, чтобы импульс переноса поступал на триггер после того, как тот займет свое новое положение после прибавления импульса кода. Для этой цели в цепи импульса переноса необходимо установить задержку ЛЗ.

Несмотря на свою простоту, эта схема имеет весьма существенный недостаток. В наиболее неблагоприятном случае, когда после подачи импульсов кода все триггерные ячейки, кроме крайней правой, встанут в положение «1», а в крайней правой (в первой) ячейке произойдет переход из положения «1» в положение «0», возникает импульс переноса из первой ячейки во вторую. Этот импульс переноса с задержкой переведет вторую ячейку из положения «1» в положение «0», что вызовет импульс переноса из второй ячейки в третью. Этот импульс переноса с задержкой переведет

третью ячейку из положения «1» в положение «0». Процесс будет продолжаться до тех пор, пока последняя триггерная ячейка не перейдет из положения «1» в положение «0».

Таким образом, описанная схема дает каскадный перенос из разряда в разряд. Для рассматриваемого наиболее неблагоприятного случая суммарное время переносов будет равно сумме времен задержек в цепях переноса.

Каскадный характер переносов сильно задерживает операцию сложения. Поэтому была разработана схема, исключающая каскадный характер двоичных переносов (рис. 10). В основу разработки этой схемы был положен следующий принцип: импульс переноса распространяется вдоль ячеек, стоящих в положении «1», если на пути находится ячейка, стоящая в положении «0», то импульс переноса переключает ее в положение «1», но в следующую ячейку не поступает.



Импульсы кода Рис. 10. Схема сумматора

со сквозным переносом

Этим условием можно воспользоваться для исключения каскадного характера импульсов переноса. Каждый возникший импульс переноса направляется не только в соседнюю ячейку, но и вдоль всех остальных разрядов по цепочке переноса, ответвляясь по пути во все прилегающие ячейки. Распространение импульса переноса вдоль цепочки контролируется вентилями 1, управляемыми анодными напряжениями триггеров. Ячейка, стоящая в положении «0», запирает вентиль и не дает возможности импульсу переноса пройти по цепочке дальше. Таким образом, импульс переноса направляется сразу во все требуемые разряды.

Импульс переноса должен поступать на цепочку переносов лишь после окончания переходного процесса в триггерах, который возник в результате подачи кодов второго числа. С другой стороны, вторичные импульсы переноса, возникающие при переходе триггерной ячейки из положения «1» в положение «0» от импульса переноса, не должны поступать на цепочку переносов, так как это исказит результат. Для обеспечения этого импульс переноса подается на цепочку переносов через вентиль 2, управляемый сдвинутым импульсом, который принято называть стробирующим сигналом, а в цепи поступления импульса переноса в триггерную ячейку создается дополнительная задержка.

Подобная схема обеспечивает отсутствие каскадного характера переноса. Время сложения двух кодов составляет около 3 мкс.

Для уменьшения времени, требуемого на сдвиг кодов, принята схема, изображенная на рис. 11. В данном случае импульс сдвига подается одновременно на вентили, управляемые триггерами, и на входы установки триггеров на «0». Импульс сдвига успевает пройти через вентиль, так как задний фронт триггера запаздывает по

отношению к переднему фронту импульса  $У\langle 0 \rangle$  на время порядка  $0,1\text{--}0,12$  мкс. Пройдя через электромагнитную линию задержки, импульс сдвига ставит триггер в положение «1». Тот факт, что триггер, имея рабочую частоту 1 МГц, ставится в положение «1», спустя всего  $0,3$  мкс после установки на «0», не мешает его устойчивой работе, так как импульс  $У\langle 1 \rangle$  имеет несколько большую амплитуду и длительность.

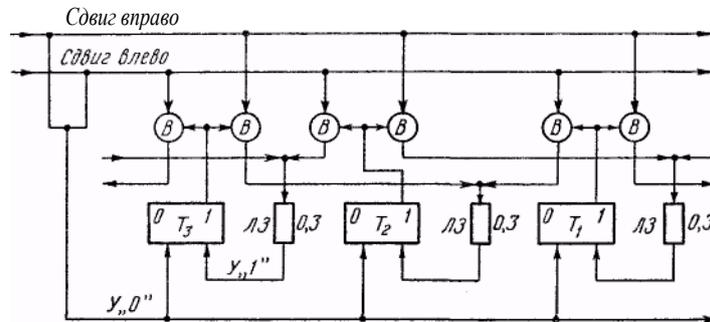


Рис. 11. Схема осуществления сдвига

В результате применения этой схемы время, требуемое для сдвига кода на один разряд, составляет около  $1,2$  мкс. Это позволило создать запас как для сложения, так и для сдвига кодов. (На сложение кодов отводится  $3,5$  мкс, и на сдвиг кодов  $1,5$  мкс).

Разработанное арифметическое устройство обладает достаточной гибкостью, позволяя весьма просто осуществлять самые разнообразные операции.

В приложении приведены функциональные схемы арифметических устройств для чисел и для порядков. Эти схемы являются упрощенными и даны для облегчения разбора последовательности выполнения операций, принятых на машине БЭСМ. Некоторые цепи на схемах изображены условно. Например, в цепях сдвига и цепочки переносов не показаны вентили и линии задержки в каждом разряде.

### § 3. Устройство управления.

Устройство управления должно обеспечить следующие этапы работы машины:

- автоматический ввод программы вычислений и исходных данных в машину;
- выборку кодов команд из оперативного запоминающего устройства;
- выборку кодов чисел из оперативного запоминающего устройства;
- непосредственное выполнение операции;
- выдачу результатов вычислений в оперативное запоминающее устройство;
- выдачу окончательных результатов из машины.

Общая блок-схема устройства управления БЭСМ представлена на рис. 12. Она состоит из следующих основных блоков:

- блок центрального управления машиной (ЦУ),
- блок управления командами (УК),
- блок центрального управления операциями (ЦУОп),
- блок местного управления операциями (МУОп),
- пульт управления (ПУ),
- задающий генератор (ЗГ).

Эти блоки обеспечивают связь и взаимодействие между арифметическим устройством машины, оперативным запоминающим устройством, вводным и выводным устройствами и внешним запоминающим устройством.

*Центральное управление (ЦУ).* Назначением блока ЦУ является обеспечение цикла работы машины. За время такого цикла должна быть выбрана очередная

команда, выбраны числа, с которыми производится та или иная операция, получен результат, который запоминается в ОЗУ.

При выполнении какой-либо операции ЦУ выдает серию сигналов, которые, проходя через схему ЦУОп, воздействуют на различные устройства машины. Причем в каждый момент времени выдается единственный сигнал, действующий по своей самостоятельной цепи. Число цепей, связывающих блок ЦУ с блоком ЦУОп, соответствует числу сигналов, выдаваемых за один цикл. Количество сигналов, выдаваемых блоком ЦУ, определяется числом элементарных стандартных действий, которые необходимо осуществить при выполнении операций, принятых на машине. К таким элементарным действиям можно отнести: установку на «0» различных схем машины; выдачу адресов; прием кодов чисел и команд; передачу кодов из одного регистра в другой и т. д.

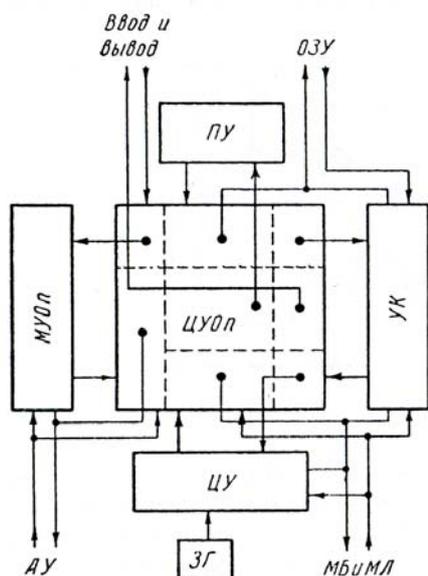


Рис. 12. Блок-схема устройства управления

**Управление командами.** Блок управления командами (УК) определяет номер (адрес) очередной команды, которую должна выполнить машина; осуществляет ее прием; сохраняет код операции в течение всего цикла ЦУ.

Управление командами состоит из блока запоминания команд (БЗК), двух счетчиков центрального и местного управления командами (ЦУК и МУК) и коммутатора операций (КОп).

Коммутатор операций (КОп) связывает устройство управления командами с устройством управления операциями. Он преобразует код операции в управляющее напряжение на одной из 32 выходных цепей. Таким образом, каждому номеру операции будет соответствовать своя возбужденная цепь на выходе КОп.

**Управление операциями.** Как уже упоминалось, в машине имеются два блока управления операциями: центральное управление операциями (ЦУОп) и местное управление операциями (МУОп). Для команд, не требующих местного управления операциями, время выполнения определяется блоком центрального управления машиной (ЦУ). На время работы местного управления операциями работа ЦУ приостанавливается. Таким образом, время, затрачиваемое на выполнение любой команды, определяется суммой времен одного цикла центрального управления и работой местного управления, если оно участвует в данной операции.

В машине на местное управление выделены следующие элементарные действия:

- 1) нормализация чисел влево,
- 2) выравнивание порядков при сложении и вычитании,
- 3) выполнение собственно операции умножения,
- 4) выполнение собственно операции деления,
- 5) выполнение собственно операции сдвига,
- 6) выполнение собственно операции выделения целой части.

Элементарные действия, необходимые для выполнения той или иной команды, идут в определенной последовательности во времени, а их характер зависит от кода операции. В ряде случаев характер элементарных действий зависит также от результата, получающегося на том или ином устройстве машины. Приведем несколько примеров: если при команде сложения принятое число имеет положительный знак, то его надо прибавить, если же знак — отрицательный, то его следует вычесть; выравнивание порядков при сложении чисел зависит от разности порядков; при командах сравнения переход к номеру команды, указанному в третьем адресе, зависит от результата сравнения двух чисел; непосредственный обмен кодами между оперативным запоминающим устройством и магнитным барабаном начинается при совпадении текущего номера числа с заданным; и т. д.

Таким образом, в общем случае выработка сигнала для того или иного элементарного действия определяется:

- а) сигналом, идущим в определенный момент времени,
- б) сигналом кода операции,
- в) сигналами от арифметического и других устройств машины.

Для центрального управления операциями (ЦУОп) сигналы, определяющие момент выполнения той или иной элементарной операции, создаются блоком ЦУ. За один цикл работы ЦУ вырабатывается серия сигналов, идущих с промежутками 2,5 мкс (цикл работы ЦУ составляет 65 мкс). При переходе на местное управление операциями ЦУ останавливается на соответствующем сигнале и вновь запускается при окончании операций на местном управлении, продолжая при этом прерванную последовательность временных сигналов.

Сигналы, определяющие код операции, поступают на блок ЦУОп от коммутатора операций (КОп), а сигналы, характеризующие то или иное состояние других устройств машины, подаются от соответствующих триггерных ячеек этих устройств. Сам блок центрального управления операциями в основном состоит из вентилях, диодных сборок и усилителей.

В зависимости от назначения выходных цепей блока ЦУОп его можно разбить на ряд схем:

1. Схема управления работой оперативного запоминающего устройства.
2. Схема управления внешними запоминающими устройствами на магнитных лентах и магнитных барабанах.
3. Схема управления работой арифметического устройства.
4. Схема управления вводными и выводными устройствами.
5. Схема управления блоком центрального управления.
6. Схема управления блоком управления командами.
7. Схема управления блоком местного управления операциями (пуск схем местного управления операциями).
8. Схема, осуществляющая связь с пультом управления.

Блок местного управления операциями (МУОп) принципиально отличается от блока центрального управления операциями тем, что моменты времени выполнения тех или иных элементарных операций уже не определяются работой блока ЦУ. Как правило, работа местного управления сводится к последовательному повторению той или иной комбинации чередования элементарных операций. Количество таких повторений или задается (например, при умножении), или же определяется результатом вычислений (например, при нормализации чисел). Выбор той или иной комбинации чередования элементарных операций производится блоком ЦУОп, который при переходе на местное управление возбуждает одну из цепей блока МУОп. По окончании выполнения операций на блоке МУОп автоматически запускается ЦУ и управление операциями переключается на ЦУОп.

В управление операциями входит также *схема блокировки* (СхБл). Назначением этой схемы является прекращение операции и изменение чередования элементарных операций в случае возникновения на АУ определенных результатов. Например, при сложении и вычитании исключается выравнивание порядков при расхождении их больше чем на 32 и сразу производится передача в запоминающее устройство большего числа.

Схема блокировки обеспечивает также автоматический аварийный останов машины при выходе получаемого числа из располагаемого количества разрядов. Конструктивно схема блокировки размещается в блоке МУОп.

*Пульт управления.* Управление машиной производится с пульта управления. Помимо автоматической работы машины, предусмотрена работа по циклам и от одиночных сигналов. Работа по циклам заключается в том, что блок центрального управления (ЦУ) останавливается в конце каждого цикла. Каждое нажатие пускового ключа дает один цикл работы ЦУ, т. е. выполнение одной команды. При работе от одиночных сигналов каждое нажатие ключа обеспечивает выдачу лишь одного сигнала от блока ЦУ. Таким образом, имеется возможность проследить работу машины по отдельным тактам. За время одного такта производится одно из элементарных действий выполняемой операции.

Переключатель режимов работы машины, а также ключи пуска и останова расположены на пульте управления (рис. 13). Там же расположены кнопки управления,

позволяющие устанавливать любые коды на различных регистрах машины, а также гасить их.

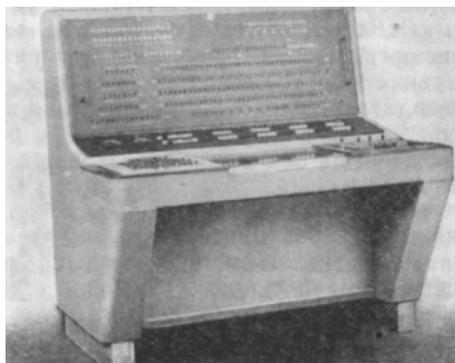


Рис. 13. Пульт управления

На пульт же выведена сигнализация (на неоновых лампах) для визуального наблюдения за работой наиболее важных устройств машины. К таким устройствам в первую очередь относятся все числовые или знаковые разряды арифметического устройства, регистры команд и счетчики операций, отдельные элементы, находящиеся в устройстве управления и в запоминающих устройствах. Все это представляет своеобразную мнемоническую схему

вычислительной машины. Естественно, что при работе машины, учитывая

большую скорость вычислений, оператор не в состоянии визуально контролировать ход решения задачи. Но автоматический останов, который произойдет в результате какой-либо ошибки в работе машины, позволит оператору с помощью мнемонической схемы обнаружить причину появления ошибки.

#### § 4. Оперативное запоминающее устройство.

За последнее время получили широкое применение запоминающие устройства на ферритовых сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса, которые имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с запоминающими устройствами на электронно-лучевых трубках. Основными недостатками последних являются следующие.

1. Выбор ячейки запоминающего устройства производится путем установки луча в заданную точку экрана. Для установки луча требуется подать на отклоняющие пластины трубки напряжения вполне определенной величины, причем с большой точностью и быстрым установлением. Таким образом, выбор ячейки запоминающего устройства производится по *количественному признаку* (по величине отклоняющего

напряжения), в то время как все остальные устройства машины работают по *качественному признаку* (наличие или отсутствие сигнала). Качественный признак обеспечивает значительно большую надежность работы, чем количественный. Кроме того, в связи с использованием количественного признака приходится предъявлять более высокие требования к источникам питания.

2. Несмотря на принятые меры, длительность хранения записанных кодов в работающей трубке сравнительно мала, что требует частого восстановления записи и создает неудобства при эксплуатации.

Использование ферритов для построения оперативных запоминающих устройств позволяет освободиться от указанных недостатков и существенно повысить надежность работы вычислительных машин, уменьшив их размеры и сократив расходы, связанные с эксплуатацией.

Принцип действия запоминающего устройства на ферритах основан на способности магнитного материала намагничиваться до состояния насыщения в положительном или отрицательном направлении в зависимости от того, какой сигнал (положительный или отрицательный) подается через обмотку сердечника.

Запись двоичного кода можно осуществить, условно приняв одно из магнитных состояний сердечника за код 1, а противоположное — за код 0. Условившись, что коду 1 соответствует положительное направление, для считывания информации будем подавать размагничивающие сигналы отрицательной полярности. Если при этом сердечник хранил код 1, то произойдет его перемагничивание и в выходной обмотке наведется импульс напряжения. Если же сердечник хранил код 0, то изменения его состояния не произойдет и в выходной обмотке сигнала не возникнет. Естественно, что после выборки кода необходимо восстановить первоначальное состояние сердечника, осуществляемое специальной схемой.

Запоминающее устройство на ферритовых сердечниках может хранить записанную информацию в течение неограниченного времени. Энергии на поддержание информации при этом не требуется.

На машине БЭСМ разработано оперативное запоминающее устройство на ферритах. Время одного обращения к ОЗУ составляет около 10 мкс, а емкость его — 2047 двоичных 39-разрядных чисел. Из известных схем — матричной и схемы 2 — выбрана схема Z.

В матричной схеме (рис. 14) перемагничивание сердечника производится от воздействия двух токов ( $J_x$  и  $J_y$ ), идущих по двум взаимно-перпендикулярным шинам. На сердечник  $a$  находящийся на пересечении возбужденных шин, действует суммарное поле от двух токов и он перемагничивается. На остальные сердечники, расположенные на возбужденных шинах, действует поле лишь от одного тока, величина которого недостаточна для перемагничивания сердечника, поэтому эти сердечники останутся в неизменном состоянии.

Считывающая обмотка (С) пронизывает все сердечники одного разряда. На этом проводе, помимо полезного сигнала, возникают импульсы помехи от полувыбранных сердечников, так как реальная форма петли гистерезиса отличается от идеально прямоугольной. Поэтому приходится принимать ряд мер для снижения уровня помех. При применении матричных схем накладываются определенные требования с точки зрения стабильности амплитуды и длительности тока, что делает невозможным проведение работы в форсированном режиме, т. е. в режиме с большими амплитудами токов.

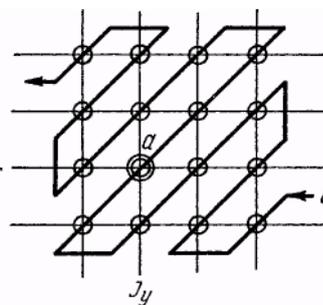


Рис. 14. Матричная схема для запоминания одного разряда

Кроме того, матричная схема требует тщательного отбора сердечников с точки зрения однородности их характеристик.

В схеме  $Z$  (рис. 15) считывание производится одним током  $J_z$ , идущим по проводу, пронизывающему числовую линейку — сердечники всех разрядов выбранного

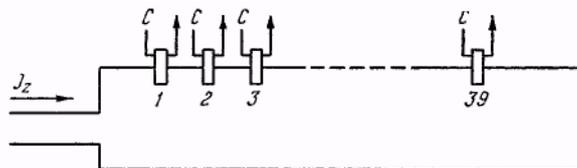


Рис. 15. Числовая линейка схемы  $Z$

числа. Амплитуда тока считывания может быть любой величины. Это позволяет форсированно перемагничивать сердечники, что повышает быстродействие и увеличивает амплитуду выходного сигнала. При таком принципе считывания не возникает полувывбранных сердечков, как это имеет место в матричной схеме. Поэтому на считывающем проводе  $C$ , который пронизывает сердечники одного разряда всех чисел, отсутствует помеха, что позволяет упростить цепи считывания и повышает надежность работы.

Недостатком запоминающего устройства типа 2 является необходимость иметь вентиль на каждое число. Для этой цели удобно применять магнитные вентили или,

как их часто называют, координатные трансформаторы, работающие по принципу совпадения токов. В схеме  $Z$ , помимо двух токов  $J_x$  и  $J_y$ , идущих по двум взаимно-перпендикулярным проводам (как в матричной схеме), по отдельной обмотке подается еще постоянный ток смещения  $J_{см}$  (рис. 16).

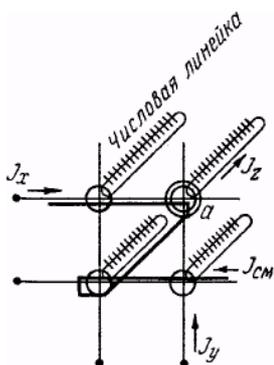


Рис. 16. Схема выборки числовой линейки

За счет тока смещения рабочая точка трансформатора выбирается таким образом, что при возбуждении только по одному проводу трансформатор не перемагничивается. При возбуждении по двум взаимно-перпендикулярным проводам трансформатор, находящийся на их пересечении, перемагнитится и на выходной его обмотке возникнет сигнал  $J_z$ , осуществляющий считывание кода с выбранной числовой линейки (обмотки считывания

с разрядов на рисунке не показаны). По окончании возбуждающих импульсов трансформатор возвращается снова в рабочую точку.

Запись кода или регенерация его после считывания в схеме  $Z$  производится следующим образом. Все сердечники одного разряда, помимо обмотки считывания, пронизаны также обмоткой записи. После окончания сигнала считывания все сердечники выбранного числа будут намагничены в отрицательном направлении, соответствующем коду 0. После считывания производится запись кода. Для этого от координатного трансформатора в сердечники выбранного числа поступает импульс тока положительной полярности (противоположной импульсу считывания). В те разряды, в которые хотят записать код 1, по обмотке записи подается сигнал положительной полярности, а в те разряды, в которых следует записать код 0, сигнал по обмотке записи идет отрицательной полярности. Положительный сигнал

по обмотке записи, складываясь с сигналом от координатного трансформатора, перемагнитит сердечник в положительном направлении (код 1). Отрицательный сигнал записи вычитается из сигнала координатного трансформатора и сердечник останется намагниченным в отрицательном направлении (код 0). Амплитуда сигнала в обмотке записи не должна превышать определенной величины, с тем чтобы не разрушать записанную информацию в сердечниках не выбранных чисел (обмотка записи пронизывает все сердечники своего разряда). В соответствии с амплитудой сигнала записи выбирается и амплитуда положительного сигнала от координатного трансформатора.

Блок-схема оперативного запоминающего устройства на ферритах показана на рис. 17. Она состоит из: регистра адреса РА, на который принимается код адреса, поступающий из машины по шинам КША; регистра числа РЧ, который служит для приема кода числа с шин КШ при записи и для осуществления регенерации при считывании; магнитного куба; устройства управления, обеспечивающего получение определенной последовательности импульсов. (Сигналы установки нуля (У«0»), записи (Зп) и обращения к оперативному запоминающему устройству (И<sub>обп</sub>) поступают из устройства управления машины.)

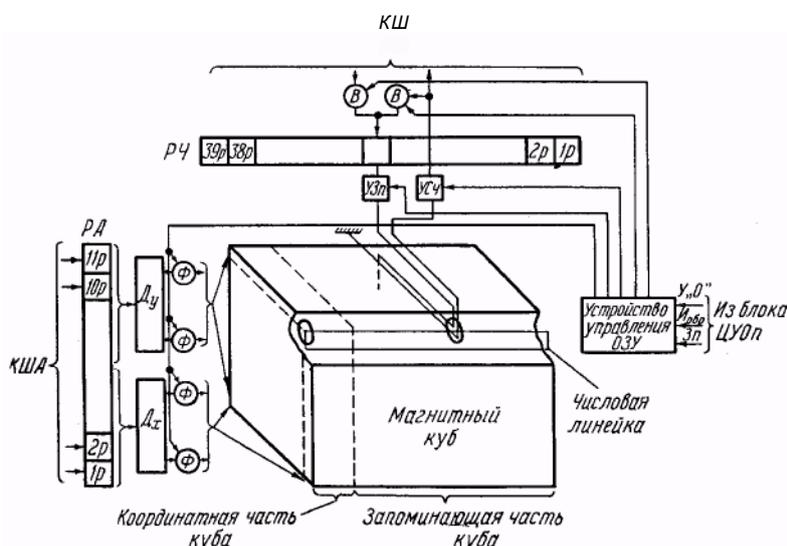


Рис. 17. Блок-схема запоминающего устройства на ферритах

Код, принятый на регистр РА, преобразуется дешифраторами Д<sub>x</sub> и Д<sub>y</sub>, один из которых управляет формирователями (Ф) для осуществления выборки числа по оси *x* а другой — по оси *y*.

Для производства записи и считывания кодов имеются специальные усилители (УЗп и УСч).

Магнитный куб собирается из отдельных кассет, конструктивно выполненных в виде рамок, на которых производится расшивка ферритовых сердечников. На одной кассете (рис. 18) размещается 128 39-разрядных двоичных чисел.

### § 5. Внешнее запоминающее устройство.

Для расширения круга решаемых задач, требующих большого объема памяти, в машине предусмотрено дополнительное запоминающееся устройство (внешнее), выполненное на магнитных барабанах и магнитных лентах.

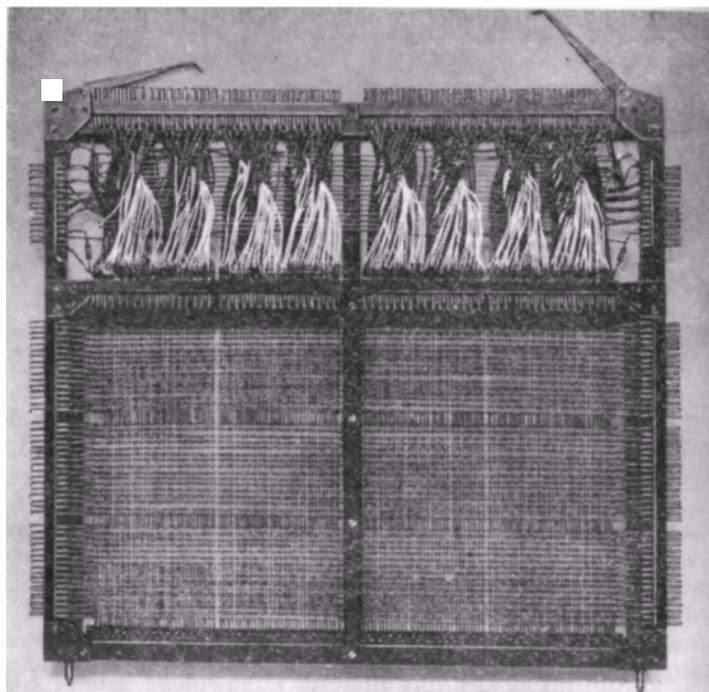


Рис. 18. Кассета магнитного куба

Магнитный барабан предназначен для хранения достаточно большого количества кодов. Емкость магнитного барабана ограничивается площадью его боковой поверхности и допускаемой плотностью записи. На машине БЭСМ приняты два магнитных барабана (рис.19), каждый из которых имеет емкость в 5120 чисел (пять групп по 1024 числа).

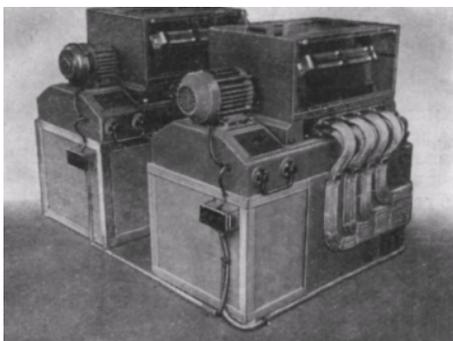


Рис. 19. Магнитные барабаны

На магнитном барабане установлены 84 считывающих, записывающих головок, из них 80 головок для кодов, одна головка для синхронизирующих импульсов, одна — для фиксации начала отсчета и две резервные. Между головками и барабаном имеется воздушный зазор порядка 35 микрон. На одной дорожке барабана записывается 64 числа. Плотность записи составляет около трех импульсов на миллиметр. Барабан вращается со скоростью 750 об/мин. Среднее время ожидания подхода требуемого кода под магнитную головку составляет 40 мс, а последующая выборка или запись происходит со скоростью 800 чисел в секунду. Частота импульсов магнитного барабана получается около 35 кГц. Амплитуда импульса считывания на магнитной головке составляет 50-60 мВ. Усилители считывания и записи предусмотрены на каждую группу. Переключение их с дорожки на дорожку в пределах группы осуществляется автоматически специальной лампово-диодной схемой.

Для большинства решаемых на БЭСМ типовых задач время обращения к барабанам составляет в среднем 8-10 % от общего времени (в случае принятой последовательной системы обмена кодами). При параллельном способе это время могло бы быть около 1 %. Однако при этом значительно увеличилось бы количество электронных ламп, так как на каждый разряд был бы нужен отдельный комплект усилителей считывания и записи, а для связи с машиной число входных и выходных элементов вместо одного возросло бы до 39. Поэтому с целью сокращения количества аппаратуры система считывания и записи на магнитном барабане принята последовательная. Преобразование же из последовательной системы в параллельную и обратно, необходимое при обмене кодами между магнитным барабаном и оперативной памятью, осуществляется на арифметическом устройстве.

Запоминающее устройство на магнитных лентах (рис. 20) осуществляется в виде четырех магнитофонов последовательного действия с шириной ленты 6,5 мм. На ленте имеются две дорожки. Одна дорожка служит для записи синхронизирующих импульсов, а другая — для записи кода. На кодовой дорожке записывается также номер данной группы кодов.

На магнитофонах предусмотрен как прямой, так и обратный ход магнитной ленты. Рабочим является лишь прямой ход. При прямом ходе осуществляется считывание любой ранее записанной группы по заданному ее номеру или производится запись. Обратный ход служит для автоматического подвода прошедшей группы к магнитной головке. Это позволяет оперативно использовать магнитные ленты в режиме считывание — запись в пределах одной или нескольких групп.

Длина магнитной ленты на каждом магнитофоне составляет около 200 м. На одном миллиметре записывается восемь импульсов. На одной ленте может храниться до 30000 чисел (с учетом промежутков между группами), а всего на четырех магнитофонах около 120 000 чисел.

Бобины с лентами можно быстро менять, что обычно производится без остановки машины. Установка головок на магнитофонах выполнена с точностью, обеспечивающей возможность перестановки запасных лент с одного магнитофона на другой. Скорость ленты составляет 2 м/с; частота импульсов — 16 КГц и скорость выборки или записи — 400 чисел в секунду. Амплитуда импульса считывания на магнитной головке составляет 15-20 мв. На четырех магнитофонах предусмотрен один комплект усилителей записи и считывания для кодовых и синхронизирующих импульсов. Коммутация усилителей осуществляется релейной схемой.

На рис. 21 приведена блок-схема запоминающего устройства на магнитных барабанах и лентах. Она включает в себя: два барабана МБ1 и МБ2 со своими приводами П; четыре ленты МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ4 и перфорационную ленту ПЛ (приводы лент управляются); блоки усилителей считывания УСч и записи УЗп для кодовых и синхронизирующих импульсов (СИБ — при обращении к барабану, и СИЛ — к ленте); блока коммутации БК; блока регистров-счетчиков-схем совпадения (Р, Сч, СхСп) и, наконец, блока управления МБ, МЛ, ПЛ.

Блок БК предназначен для выбора того или другого барабана и заданной на нем дорожки. В случае обращения к магнитной ленте БК выбирает номер магнитофона.

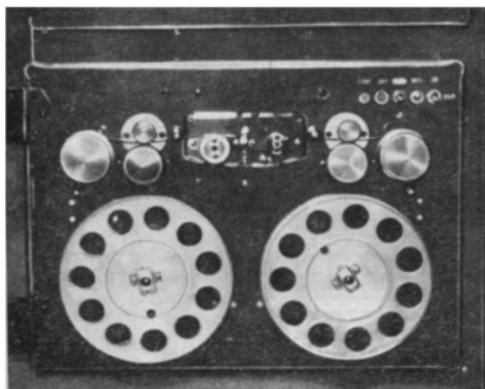


Рис. 20. Вид магнитофона

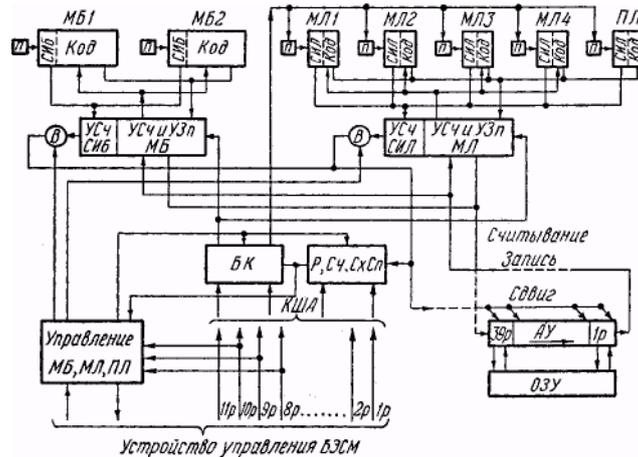


Рис. 21. Блок-схема МЗУ

Блоки регистров (Р) служат для промежуточного хранения адресов кодов на МБ или МЛ при обращении к ним. Счетчики (Сч), на которые поступают синхронизирующие импульсы с МБ и МЛ, регистрируют количество считываемых или записываемых кодов. Сигналы о том, что на запись или считывание прошло необходимое количество кодов, обеспечивают схемы совпадения (СхСп).

Блок управления задает определенную последовательность управляющих сигналов, которая осуществляет операцию обмена кодами.

При обращении к внешнему запоминающему устройству центральное управление машиной останавливается и такт работы задается синхронизирующими импульсами СИБ или СИЛ. В случае операции считывания код с УСч МБ или УСч МЛ последовательно поступает на старшие разряды арифметического устройства АУ. Синхронизирующие импульсы СИБ и СИЛ обеспечивают сдвиг в сторону младших разрядов. После того как число будет полностью считано, оно параллельно отсылается в ОЗУ и начинается считывание другого числа. Когда заданная группа чисел будет передана в ОЗУ, происходит пуск центрального управления и машина переходит к выполнению следующей команды; запись производится аналогичным образом в обратном порядке.

Автоматика управления магнитных барабанов и магнитных лент в основной своей части являются общими.

Считывание с перфоленты происходит таким же образом, как и с магнитных лент.

### § 6. Ввод исходных данных и печатание результатов вычислений.

Первоначальный ввод чисел и команд в машину осуществляется с перфорированной бумажной ленты в виде последовательного кода. На перфоленте имеются две дорожки: одна для синхронизирующих импульсов, другая для импульсов кода. Считывание отперфорированных кодов производится посредством фотоэлектрического датчика. Скорость считывания составляет 20 чисел в секунду.

Подготовка перфолент производится вне машины на специальных перфораторах. Для сверки двух перфолент применяется фотоэлектрический контрольный прибор.

После первоначального ввода программы в машину она может быть в дальнейшем переписана на магнитную ленту. Хранение программ на магнитных лентах имеет большой смысл, так как ввод с них осуществляется быстрее, чем с перфолент.

При создании быстродействующих электронных счетных машин большое внимание уделяется выводным устройствам. До последнего времени на машине БЭСМ основным устройством вывода окончательных результатов являлось фотопечатающее устройство. Вывод результатов вычислений производился путем записи их на магнитную ленту с последующей переписью их на кинолентку вне машины на специальном устройстве. Последовательный код с магнитной ленты поступал на сдвиговый регистр, на котором преобразовывался в параллельный. Соответствующие дешифрирующие устройства для каждой цифры управляли точечными источниками света, которые проектировали на кинолентку изображение цифры. Скорость работы фотопечатающего устройства составляла 200 чисел в секунду. Проявление кинолентки производилось на проявочной машине. Размножение копий на бумагу также осуществлялось на специальной машине.

Однако эта система при многих положительных качествах являлась громоздкой и имела высокую стоимость; а необходимые при этом фотопроцессы задерживали получение результатов, что создавало неудобства при эксплуатации машины.

В качестве основного выводного устройства в настоящий момент на машине БЭСМ принято электромеханическое печатающее устройство, которое, обладая хорошими графическими качествами и сравнительно малой стоимостью, позволяет получать результаты вычислений непосредственно на бумагу. Сочетание механической печати с электронным управлением дает возможность повысить скорость вывода такого типа печатающего устройства до 20 чисел в 1 секунду.

В данном устройстве используется непрерывно вращающийся валик, на котором выгравированы цифры (количество цифр устанавливается применительно к машине; для БЭСМ оно равно 16). На одной оси с валиком расположен цилиндр с отверстиями, соответствующими цифрам (кодовые отверстия). Кроме кодовых, имеются синхронизирующие и управляющие отверстия. Установленные фотоэлектрические датчики посылают управляющие сигналы в специальную электронную схему и к молоточкам в момент, когда подойдет нужная цифра на шрифтовом валике. Молоточки через красящую среду (копировальная бумага) печатают цифры на бумагу.

Набор цифр от 0 до 15 сделан с целью иметь возможность печатать как десятичные, так и шестнадцатеричные числа, которые поступают на печатающее устройство в двоичном изображении. Печатание шестнадцатеричных чисел необходимо при выводе команд. В случае печатания только десятичных чисел (цифры 0-9) можно, уменьшив диаметр шрифтового валика, увеличить скорость вывода до 30 чисел в 1 секунду.

Конструктивно вводное (перфорационная лента) и выводное (печать) устройства выполнены на одной стойке (рис. 22).

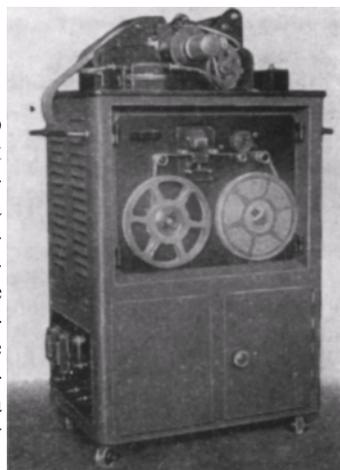


Рис. 22

*Приложение 1 Список сокращенных обозначений*

АОп — код номера операции (адрес операции команды).

АОпБЗК — ячейки запоминания кода номера операции в БЗК.

АУ — арифметическое устройство.

АУП — арифметическое устройство порядка.  
АУЧ — арифметическое устройство числа.  
А1 — первый адрес кода команды.  
А2 — второй адрес кода команды.  
А3 — третий адрес кода команды.  
А1БЗК — первый адрес блока запоминания команд.  
А2БЗК — второй адрес блока запоминания команд.  
А3БЗК — третий адрес блока запоминания команд.  
А3МУК — прием кода в ячейки блока МУК с ячеек А3БЗК.  
А3ЦУК — прием кода в ячейки блока ЦУК с ячеек А3БЗК.  
БЗК — блок запоминания команд.  
Б31П — 1-й блок запоминания кода порядка числа.  
Б31Ч — 1-й блок запоминания кода числа.  
Б32П — 2-й блок запоминания кода порядка числа.  
Б32Ч — 2-й блок запоминания кода числа.  
В — электронный вентиль (обозначение на схемах).  
ДРБ32Ч — дополнительный разряд Б32Ч.  
ДРСмЧ — дополнительный разряд СмЧ.  
Д1КЗУ — 1-е диодное контрольное задающее устройство.  
Д2КЗУ — 2-е диодное контрольное задающее устройство.  
З3нБ31Ч — выдача кода с ячейки знака Б31Ч на КШ.  
З3нБ32Ч — выдача кода с ячейки знака Б32Ч на КШ.  
З3нСмЧ — выдача кода с ячейки знака СмЧ на КШ.  
ЗнБ31П — ячейки запоминания знака в Б31П.  
ЗнБ31Ч — ячейка знака в Б31Ч.  
ЗнБ32П — ячейка знака в Б32П.  
ЗнБ32Ч — ячейка знака в Б32Ч.  
Зн1СмП — 1-я ячейка знака СмП.  
Зн1СмЧ — 1-я ячейка знака СмЧ.  
Зн2СмП — 2-я ячейка знака СмП.  
Зн2СмЧ — 2-я ячейка знака СмЧ.  
ЗПСмП — выдача кода порядка с ячеек СмП на КШ.  
ЗЧБ32Ч — выдача кода числа с ячеек Б32Ч на КШ,  
ЗЧСмЧ — выдача кода с ячеек СмЧ на КШ.  
ЗЧЦУК — выдача кода из ячеек блока ЦУК.  
КОп — коммутатор операций.  
КШ — кодовые шины.  
КША — кодовые шины адреса.  
КШП — кодовые шины порядков.  
КШЧ — кодовые шины чисел.  
код «0» — условный нуль на БЭСМ, характеризуемый наличием кода 1.00000 в разрядах порядка.  
код «0»Б31П — наличие кода 1.00000 в ячейках блока Б31П.  
код«0»Б32П — наличие кода 1.00000 в ячейках блока Б32П.  
код «0»СмП — наличие кода 1.00000 в ячейках блока СмП. ЛЗ — линия задержки (обозначение на схемах). ЛБ31П — сдвиг кода влево в ячейках Б31П. ЛБ32Ч — сдвиг кода влево в ячейках Б32Ч, ЛСмЧ — сдвиг кода влево в ячейках СмЧ.  
МЗУ — магнитное запоминающее устройство. МЗУБ — магнитное запоминающее устройство на барабане. МЗУЛ — магнитное запоминающее устройство на ленте.

МОЗУ — магнитное оперативное запоминающее устройство.  
МУК — местное управление командами.  
МУОп — местное управление операциями.  
ОбрСмП — обращение кода на СмП.  
ОЗУ — оперативное запоминающее устройство.  
ПерЗн1СмП — перенос из первого разряда знака СмП.  
ПерЗн2СмП — перенос из второго разряда знака СмП.  
ПерЗн2СмЧ — перенос из второго разряда знака СмЧ.  
ПЗнБ31Ч — прием кода в ячейку знака Б31Ч.  
ПЗнБ32Ч — прием кода в ячейку знака Б32Ч.  
ПЛ — перфолента (вводное устройство).  
ППБ31П — прием порядка в ячейки блока Б31П.  
ППБ31Ч — прием порядка в ячейки блока Б31Ч.  
ППБ32П — прием порядка в ячейки блока Б32П.  
ППБ32ПА — прием порядка в ячейки блока Б32П с КША.  
ПрБ31П — сдвиг кода в ячейках блока Б31П вправо.  
ПрБ32Ч — сдвиг кода в ячейках блока Б32Ч вправо.  
ПрСмЧ — сдвиг кода в ячейках блока СмЧ вправо.  
ПУ — пульт управления.  
ПЧБ31Ч — прием кода числа в ячейки блока Б31Ч.  
ПЧБ32Ч — прием кода числа в ячейки блока Б32Ч.  
СмП — сумматор порядков.  
СмЧ — сумматор чисел.  
СчВх — счетный вход триггера.  
Т — триггер (обозначение на схемах).  
ТКЗУ — триггерное контрольное запоминающее устройство.  
ТП — триггер управления передачей порядка большего числа (триггер порядков).  
УК — блок управления командами.  
УУ — устройство управления.  
У«0» — вход установки триггера в положение «0».  
У«0»АУП — установка ячеек АУП в положение «0».  
У«0»АУЧ — установка ячеек АУЧ в положение «0».  
У«0»Б31П — установка ячеек Б31П в положение «0».  
У«0»Б31Ч — установка ячеек Б31Ч в положение «0».  
У«0»Б32П — установка ячеек Б32П в положение «0».  
У«0»Б32Ч — установка ячеек Б32Ч в положение «0».  
У«0»ЗнБ31Ч — установка ячейки знака Б31Ч в положение «0».  
У«0»МЗУ — установка всех элементов МЗУ в положение «0».  
У «0» СмП — установка ячеек СмП в положение «0».  
У «0» СмЧ — установка ячеек СмЧ в положение «0».  
У«0»ТП — установка триггера порядка в положение «0».  
У«0»ТУК — установка триггера управления командами в положение «0».  
У«1» — вход установки триггера в положение «1».  
У«1»Б32Ч — установка ячеек Б32Ч в положение «1».  
У«1»ДРБ32Ч — установка ячейки дополнительного разряда Б32Ч в положение «1».  
У«1»ЗнБ31Ч — установка ячейки знака Б31Ч в положение «1».  
У«1»МУК — установка ячеек блока МУК в положение «1».  
У«1»ТП — установка триггера порядка в положение «1».  
У«1»ТУК — установка триггера управления командами в положение «1».  
У«1»ЦУК — установка ячеек блока ЦУК в положение «1».  
У«5»Б31П — установка кода 0.00101 в ячейках блока Б31П.  
У«27» — установка кода 0.11011 на КШП.

Ц — цепочка переносов (обозначение на схемах).  
 ЦУ — блок центрального управления.  
 ЦУК — блок центрального управления командами.  
 ЦУОп — блок центрального управления операциями.  
 «0»ЗнБ31П — наличие положения «0» в ячейке знака Б31П.  
 «0»ЗнБ31Ч — наличие положения «0» в ячейке знака Б31Ч.  
 «0»Зн2СмП — наличие положения «0» во второй знаковой ячейке СмП.  
 «0»Зн2СмЧ — наличие положения «0» во второй знаковой ячейке СмЧ.  
 «О»СмП — наличие кода 0.00000 в ячейках СмП.  
 «О»СмЧ — наличие кода 0.00... 0 в ячейках СмЧ.  
 «0»ТП — наличие положения «0» в триггере порядка.  
 «0»ТУК — наличие положения «0» в триггере управления командами.  
 «0»32Б32Ч — наличие положения «0» в ячейке 32-го разряда Б32Ч.  
 «0»32СмЧ — наличие положения «0» в ячейке 32-го разряда СмЧ.  
 «01»ЗнСмП — наличие кода 01 в ячейках знака СмП.  
 «01—10»ЗнСмЧ — наличие кода 01 или 10 в ячейках знака СмЧ.  
 «1»ДРБ32Ч — наличие положения «1» в ячейке дополнительного разряда блока Б32Ч.  
 «1»ЗнБ31П — наличие положения «1» в ячейке знака Б31П. «1»ЗнБ31Ч — наличие положения «1» в ячейке знака Б31Ч. «1»ЗнБ32Ч — наличие положения «1» в ячейке знака Б32Ч. «1»Зн2СмП — наличие положения «1» во второй знаковой ячейке СмП. «1»Зн2СмЧ — наличие положения «1» во второй знаковой ячейке СмЧ. «1»ТП — наличие положения «1» в триггере порядка. «1»ТУК — наличие положения «1» в триггере управления командами. «10»ЗнСмП — наличие кода 10 в ячейках знака СмП. «1»1Б31П — наличие положения «1» в ячейке первого разряда Б31П. «1»32Б32Ч — наличие положения «1» в ячейке 32-го разряда Б32Ч. +ЗнБ31Ч — выдача прямого кода с ячейки знака Б31Ч в ячейки знака СмЧ. +ПБ31П — передача прямого кода с ячеек Б31П на СмП (прибавление кода Б31П к СмП). +ПБ32П — передача прямого кода с ячеек Б32П на СмП (прибавление кода на Б32П к СмП). +ЧБ31Ч — передача прямого кода с ячеек Б31Ч на СмУ (прибавление кода па Б31Ч к СмЧ).  
 —ЗнБ32Ч — выдача обратного кода с ячейки знака Б32Ч в ячейки знака СмЧ. — ПБ32П — передача дополнительного кода с ячеек Б32П на СмП (вычитание кода на Б32П из СмП). —ЧБ31Ч — передача дополнительного кода с ячеек Б31Ч на СмЧ (вычитание кода на Б31Ч из СмЧ).  
 «+1»ЗнСмП — прибавление единицы в ячейки знака СмП.  
 «+1»ЗнСмЧ — прибавление единицы в ячейки знака СмЧ.  
 «+1»ДРСмЧ — прибавление единицы в ячейку дополнительного разряда СмЧ. «+1»МУК — прибавление единицы к коду в ячейках блока МУК. «+1»СмП — прибавление единицы к коду в ячейках СмП. «+1»ЦУК — прибавление единицы к коду в ячейках блока ЦУК.

## Электронные вычислительные машины

Из доклада на пленарном заседании сессии по научным проблемам автоматизации производства Академии наук СССР. Москва, 1956 г. <sup>1)</sup>

Современные электронные цифровые вычислительные машины представляют собой сложный комплекс элементов электронной автоматики, объединенных общим программным управлением и предназначенных для автоматического выполнения трудоемких математических вычислений и решения некоторых логических задач. Электронная машина действует по заданной человеком программе и, следовательно, не заменяет его. Однако она дает ему новые возможности, способствующие прогрессу почти во всех областях науки.

Колоссальная скорость вычислений и возможность решения на одной и той же машине разнообразнейших задач определили их бурное развитие. Элементы машин и сами машины непрерывно совершенствуются. Если на первом этапе для создания машин заимствовались элементы, разработанные ранее для других областей техники, то в дальнейшем создаются и развиваются специальные элементы для вычислительной техники. Разработка таких элементов в значительной мере определяет типы и характеристики машин. С другой стороны, требования математиков и необходимость решения все более и более сложных задач форсируют разработку новых принципов построения машин и новых более совершенных элементов.

Появление германиевых диодов позволило применить их для логических схем отдельных узлов машин вместо схем на электронных лампах. Опыт эксплуатации машин показал, что германиевые диоды являются весьма надежным элементом в машинах. Так, например, из 10 тысяч германиевых диодов, установленных в БЭСМ, в течение более чем двухлетней эксплуатации вышло из строя лишь несколько штук. Поэтому широкое использование германиевых диодов повысило надежность работы и позволило применять более сложные логические схемы, обеспечивающие значительно большую скорость и более совершенную логику машин. Однако в этом направлении использованы далеко не все возможности. В частности, до сих пор еще не все типы германиевых диодов могут быть получены в нужном количестве. Разработанные индированные диоды с золоченой нитью мало применяются. Между тем эти типы диодов обладают значительно меньшим прямым сопротивлением и большим отношением обратного сопротивления к прямому, что позволяет улучшить характеристики электронных схем и создать новые схемы, которые при существующих характеристиках трудно выполнимы или получаются чрезмерно громоздкими (например, схемы на конденсаторах для временного хранения кодов). Еще более хорошие характеристики в этом отношении имеют кремниевые диоды.

Преимущества полупроводниковых триодов перед электронными лампами хорошо известны. Для вычислительной техники это особенно существенно. Замена большого числа электронных ламп, имеющих в машинах, полупроводниковыми триодами значительно повысит надежность работы, уменьшит габариты и потребляемую мощность, упростит эксплуатацию машин, позволит повысить быстродействие за счет более сложных логических схем. Это будут машины совсем нового, более совершенного класса. Схемы узлов машин на точечно-контактных полупроводниковых триодах разработаны в ряде институтов Академии наук и промышленности. Однако существенный сдвиг может быть получен лишь при применении высокочастотных

<sup>1)</sup>М.: Изд-во АН СССР, 1956.

плоскостных триодов типа поверхностно-барьерных или типа «*pnp*». Массовый выпуск промышленностью этих типов имеют исключительное значение для развития вычислительной техники.

Появление ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса дало возможность создать на них ряд новых видов элементов. Из них для вычислительной техники наиболее существенное значение имеет их применение для запоминающих устройств. Однако в разработке ферритовых сердечников и особенно в широком освоении их промышленностью еще очень много кустарного. Характеристики их необходимо улучшить, что требует большой работы химиков, металлургов, технологов.

В настоящее время ведутся работы по использованию сегнетоэлектриков для целей вычислительной техники. Обладая прямоугольной формой петли диэлектрического гистерезиса, аналогичной прямоугольной петле гистерезиса ферритовых сердечников, сегнетоэлектрики выгодно отличаются от последних значительно меньшей мощностью, требующейся для управления. Разработка этих весьма перспективных элементов ведется совершенно недостаточными темпами, в частности и в физических институтах Академии наук.

Магнотриксционные линии задержки, использующие эффект магнотрикции для получения и детектирования ультразвуковых колебаний, отличающиеся компактностью, простотой конструкции и малым расходом мощности, целесообразны для использования в запоминающих устройствах машин последовательного действия, особенно специализированных.

Перечисленными элементами не исчерпывается использование различных физических процессов для вычислительной техники. Все возрастающие требования повышения быстродействия электронных вычислительных машин заставляют изыскивать новые принципы их построения. Дальнейшие исследования в области использования новых физических процессов для вычислительной техники, в частности применение миллимикросекундной техники, электромагнитных волн, явления сверхпроводимости, может дать большой скачок в этом деле.

Помимо использования новых физических элементов, существенное значение имеет также создание более совершенных схем из существующих физических элементов.

Быстродействие и удобство эксплуатации электронных вычислительных машин определяется не только схемами отдельных устройств машины, но также ее общей структурной схемой.

В развитии электронных вычислительных машин намечается явная тенденция к упрощению выполнения ряда логических функций. Если ранее для каждого изменения адреса команды использовалась индивидуальная логическая команда и определение количества повторений отдельных циклов осуществлялось путем введения дополнительного счетчика или использовалась модификация какой-либо команды, то в настоящее время при создании машин стремятся к тому, чтобы изменение адресов команд и заданий числа повторения циклов осуществлялось автоматическим путем введения соответствующих признаков кода адресов и более простого задания числа повторений в цикле.

Помимо удобств при программировании, которые дает такое автоматическое изменение адресов команд, при этом получается также некоторое повышение скорости работы машины за счет сокращения выполнения ряда логических действий с непосредственным выполнением арифметических действий. Точно так же получается некоторое сокращение количества команд в программе. Автоматизация выполнения логических действий, помимо сказанного, должна сыграть также положительную роль в отношении упрощения автоматизации составления программ.

Некоторые возможности повышения скорости электронных вычислительных машин имеются также в случае использования принципа совмещения операций. Вы-

полнение арифметических действий в значительной мере может быть совмещено по времени с обращением к памяти. При этом можно отказаться от стандартного цикла выполнения операций, когда вызов следующей команды производится после отсылки результата в запоминающее устройство, и производить выборку команд перед отсылкой результатов в запоминающее устройство. То есть, например, при трехадресной системе команд цикл машин будет состоять из следующих операций: вызов первого числа, вызов второго числа, вызов следующей команды и отсылка результата в запоминающее устройство. Благодаря такому изменению цикла работы машины на выполнение арифметического действия, которое может начаться только после вызова обоих чисел, дополнительно добавляется время, идущее на вызов следующей команды.

Возможное ускорение работы машины за счет совмещения вызова команд и чисел по двум независимым каналам также может дать сокращение времени, однако при этом теряется возможность совмещения выполнения арифметического действия с вызовом команд. С другой стороны, раздельные каналы для вызова чисел и команд приводят к увеличению аппаратуры и требуют разделения памяти на две части, что несколько уменьшает гибкость машины.

Помимо быстродействия арифметического устройства, существенным фактором, определяющим скорость работы машин, является время обращения к запоминающему устройству. При трехадресной системе команд для выполнения одного действия приходится обращаться четыре раза к запоминающему устройству. Таким образом, время обращения к запоминающему устройству имеет существенное значение для определения общей скорости работы машины.

Одним из решений уменьшения времени обращения к запоминающему устройству является создание дополнительной «сверхбыстродействующей памяти» сравнительно небольшой емкости. Создание такой «памяти» позволит сократить время для выполнения стандартных вычислений, как то: подсчет специальных функций, вычисления по алгебраическим формулам и т. п.

Ряд весьма важных задач, в особенности многомерных задач математической физики, не могут успешно решаться при скоростях работы современных электронных вычислительных машин, и требуется существенное повышение их быстродействия.

Одним из возможных путей для решения таких задач может явиться параллельная работа нескольких машин, объединенных одним общим дополнительным устройством управления и с обеспечением возможности передачи кодов чисел с одной машины на другую. Однако может оказаться более целесообразным создание ряда параллельно работающих отдельных устройств машины. В такой машине должна иметься общая основная «память» для хранения чисел и команд, необходимых для решения задачи. Из этой «памяти» числа и команды, требующиеся для решения того или иного этапа задачи, поступают на ряд сверхбыстродействующих запоминающих устройств сравнительно небольшой емкости. Каждое такое сверхбыстродействующее запоминающее устройство связано со своим арифметическим устройством. Эти устройства имеют свое индивидуальное управление. Помимо этого, должно быть предусмотрено общее управление всей машиной в целом.

Для более полного использования арифметических устройств требуется, чтобы заполнение «сверхбыстродействующей памяти» из общей «памяти» машины осуществлялось одновременно с выполнением вычислений. Решение этой задачи может быть получено путем разделения «сверхбыстродействующей памяти» на две половины. Одна половина используется для выполнения текущих расчетов, а вторая половина — для передачи результатов, полученных на предыдущем этапе расчета, в общую «память» машины, а также для выборки из общей «памяти» данных, необходимых для выполнения последующего этапа расчета.

Возможность создания такой структурной схемы машины в значительной мере определяется математическими возможностями разбиения вычислительного процесса или основной части его на ряд параллельных этапов.

Задачей наших математиков является установление возможности подобного разбиения вычислительного процесса, а также установление основных параметров для отдельных устройств.

Создание ряда работающих параллельно устройств машины одновременно с другими рассмотренными выше мероприятиями позволит существенно поднять скорость работы электронных вычислительных машин.

## **Быстродействующие универсальные вычислительные машины**

Доклад на пленарном заседании конференции «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения».  
Москва, 12-17 марта 1956 г. <sup>1)</sup>

Математические методы широко используются в науке и технике, однако решение многих важных задач связано с таким большим объемом вычислений, что при обычном ручном счете с помощью арифмометров или настольных клавишных машин, т. е. с помощью так называемых ручных средств, такие задачи оказывались практически неразрешимыми.

Изобретение электронных вычислительных машин, позволяющих производить вычисления с невиданной ранее скоростью, совершило переворот в применении математики для решения важнейших проблем физики, механики, астрономии, химии и т. д.

Современные универсальные электронные вычислительные машины совершают тысячи, десятки тысяч арифметических и логических действий в секунду и заменяют труд десятков и сотен тысяч вычислителей, работающих с настольными клавишными вычислительными машинами. За несколько часов на электронной машине выполняется столько расчетов, сколько опытный вычислитель не сможет сделать за всю свою жизнь.

Кроме высокой скорости исполнения арифметических и логических действий, универсальные электронные счетные машины дают возможность решать разнообразнейшие задачи на одной и той же машине. Эти машины, помимо громадного увеличения производительности труда, позволяют решать такие задачи, которые ранее считались невыполнимыми.

Сложные вычислительные работы, выполняемые с громадной скоростью на электронных машинах, дают в области умственного труда такие экономии и увеличение возможностей человеческого творчества, какие сравнимы только с применением машинного производства вместо физического труда.

Электронная машина, действующая по заранее определенной человеком программе, естественно, лишена творческих возможностей. Применение машин имеет целью не замену человека машиной, а огромное увеличение возможностей человека в результате применения машин.

Широкое использование электронных вычислительных машин в научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро и проектных организациях открывает неограниченные возможности в решении народно-хозяйственных задач.

<sup>1)</sup> Издано в ВИНТИ.

Электронные счетные машины являются мощным орудием в руках человека. Трудно переоценить значение этих машин для нашей страны, строящей коммунистическое общество, в познании человеческим разумом явлений природы и использовании их на благо человечества.

Перед советскими инженерами и математиками открыты огромные перспективы в развитии принципов работы и конструкций вычислительных машин, а также их применения и эксплуатации.

Универсальные электронные вычислительные машины являются чрезвычайно мощным аппаратом для исследования, и именно это определило их бурное развитие. Элементы машин и сами машины непрерывно совершенствуются. Если на первом этапе для создания машин заимствовались элементы, разработанные ранее для других областей техники, то в дальнейшем создаются и развиваются специальные элементы для вычислительной техники. Разработка таких элементов в значительной мере определяет типы и характеристики машин.

Требования со стороны математиков и необходимость решения все более и более сложных задач форсирует разработку новых принципов построения более современных машин и их элементов.

Действительно, если мы обратимся к истории развития электронных вычислительных машин, то увидим, как разработка того или иного элемента или принципа построения машины влияла на характер конструкции машин, их характеристику и возможность. В первой электронной американской машине ЭНИАК были в основном использованы триггерные ячейки, хорошо разработанные для других областей техники. В значительной мере использование триггерных ячеек получило отражение в малой электронной счетной машине (МЭСМ) АН УССР.

Появление запоминающих устройств на электроакустических трубках привело к созданию ряда машин последовательного действия как с точки зрения выборки самих чисел последовательно из запоминающего устройства, так и с точки зрения выполнения арифметического устройства последовательного действия. Это обуславливалось теми соображениями, что при данном виде памяти основное время в работе машины уходило на выборку чисел из запоминающего устройства. Поэтому не было никакого смысла увеличивать скорость выполнения арифметических действий, так как скорость машины от этого существенно не повысилась бы.

Примером машин такого класса может служить английская машина ЭДСАК, т. е. последовательная машина с запоминающим устройством на электроакустических трубках. Машины этого класса имеют скорость порядка 1-2 тыс. операций в секунду.

Разработка запоминающих устройств на электронно-лучевых трубках привела к развитию более быстродействующих машин, т. е. машин параллельного действия (БЭСМ АН СССР, «Стрела» Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР, М-2 АН СССР).

Машины этого типа обладают скоростью несколько тысяч операций в секунду. Так, например, на БЭСМ время стандартного цикла выполнения одной команды составляет 77 мкс, что примерно соответствует 13 тыс. операций в секунду, а средняя скорость при решении сложных задач, включая сюда обращения к магнитному барабану и магнитным лентам, составляет 7-8 тыс. трехадресных операций в секунду. Скорости машин «Стрела» и М-2 — 2 тыс. операций в секунду. Достигнутые скорости далеко не являются пределом при данном виде запоминающего устройства на электронно-лучевых трубках.

Применение в качестве памяти электронно-лучевых трубок в значительной мере определяет емкость оперативной памяти, т. е. количество чисел или команд, которые могут храниться в запоминающем устройстве. Эта величина определяется числом точек, которые могут быть записаны на экране одной трубки, и составляет для машин БЭСМ и «Стрела» 1024 точки, для машины М-2 — 512 точек.

Увеличение емкости оперативной памяти за счет дублирования трубок большинством конструкторов машин признается нецелесообразным, поскольку такой метод увеличения емкости памяти приводит к существенному увеличению количества аппаратуры, а следовательно, усложняет машины.

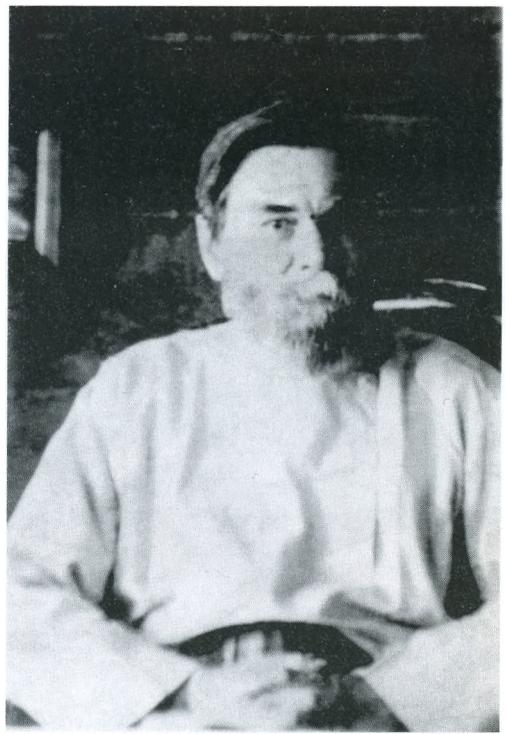
Работы по увеличению емкости запоминающего устройства на данном виде памяти ведутся по линии увеличения разрешающей способности электронно-лучевых трубок, т. е. по линии увеличения количества точек, которое может быть записано на одной трубке. В настоящее время уже получены положительные результаты по увеличению емкости трубки до 2048 точек, т. е. емкость памяти будет составлять 2048 чисел. Достаточно успешно ведутся также работы по дальнейшему увеличению емкости данного вида запоминающих устройств до 4000.

Запоминающие устройства на магнитном барабане показали большую надежность в эксплуатации при относительно малом количестве аппаратуры и сравнительно большой емкости хранимых чисел. Эти обстоятельства привели к созданию класса сравнительно медленно действующих электронных вычислительных машин со скоростью порядка сотен операций в секунду, но обладающих значительно меньшим количеством аппаратуры, т. е. более простых машин. Скорость в машинах данного класса в основном определяется временем, которое нужно затратить на выборку требуемых чисел с магнитного барабана. Эта скорость в основном определяется скоростью вращения барабана. Естественно, что она будет значительно ниже, чем у запоминающих устройств на электроакустических трубках, не говоря уже о запоминающем устройстве на электронно-лучевых трубках.

Простота и надежность этого вида памяти на магнитном барабане позволили создать довольно большое число более простых машин с меньшим количеством аппаратуры. Одним из видов такой машины может служить машина «Урал» Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР, совершающая 100 одноадресных операций в секунду, что эквивалентно примерно 50 трехадресным операциям в секунду.

Требование повышения емкости запоминающего устройства, вызванное решением сложных задач, привело к созданию в быстродействующих машинах дополнительной или, как ее часто называют, внешней памяти, более простой, чем оперативная память, но, естественно, конечно, и более медленно действующей. В основном для большинства машин в качестве такой внешней памяти используются магнитные барабаны и магнитные ленты. Характер работы внешней памяти существенно отличается от характера работы оперативной памяти, где требуется выбирать каждое число, которое участвует в расчете. Внешняя же память служит как бы только хранилищем для чисел и команд, требующихся для решения той или иной задачи. По мере необходимости группа чисел или команд передается с внешней памяти в оперативную, на которой и производятся необходимые вычисления. Полученные результаты могут быть переданы с оперативной памяти на внешнюю и использоваться при дальнейших подсчетах. Таким образом, режим работы внешней памяти сводится лишь к обмену групп чисел или команд с оперативной памятью, в непосредственном же вычислении внешняя память не участвует. Благодаря такому режиму сравнительно небольшая скорость работы внешней памяти мало сказывается на средней скорости работы машины.

Если сравнить соотношения между памятью на магнитном барабане и магнитной ленте, то можно сделать вывод, что магнитный барабан является более оперативным видом внешней памяти, чем магнитная лента, поскольку в любой момент может быть считана или записана требуемая группа чисел или команд. В случае магнитной ленты необходимо предварительно подвести ленту к тому месту, где записана группа чисел, и только после этого можно производить запись или считывание. Кроме того, магнитный барабан более надежен в работе, чем магнитная лента. Однако магнитные ленты





.. .20, , . 1977 .



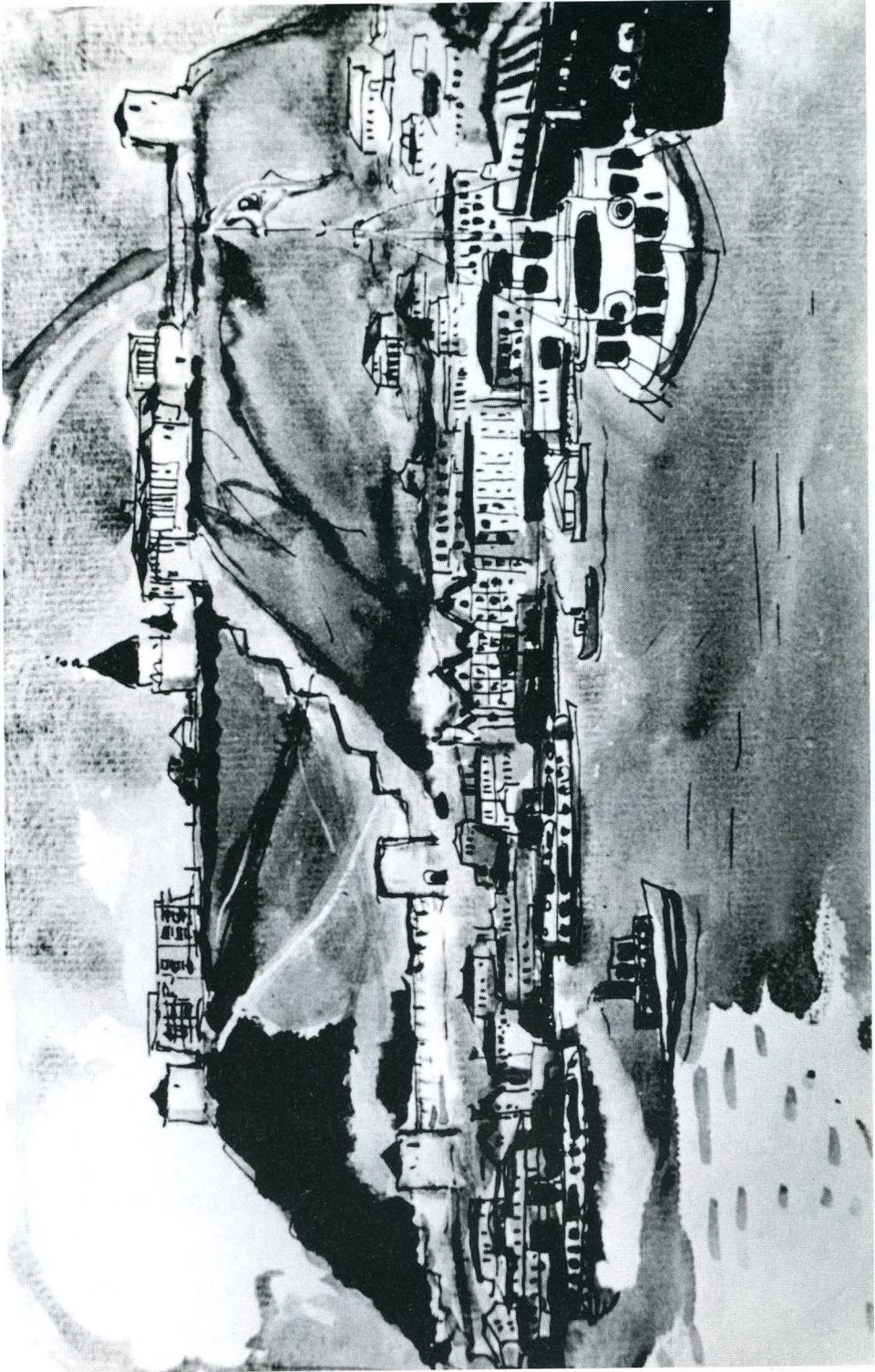
. 1904 .

Сергей первый слева СПРАВО



.. .22, . 1977 .

подружка Катя ТАНЯ Сергей Наба  
ВТОРОЙ







( 20- )



, 1919 .



, 1920 .

, 1929 .



, 1932 .

, 1935 .



, 1938 .

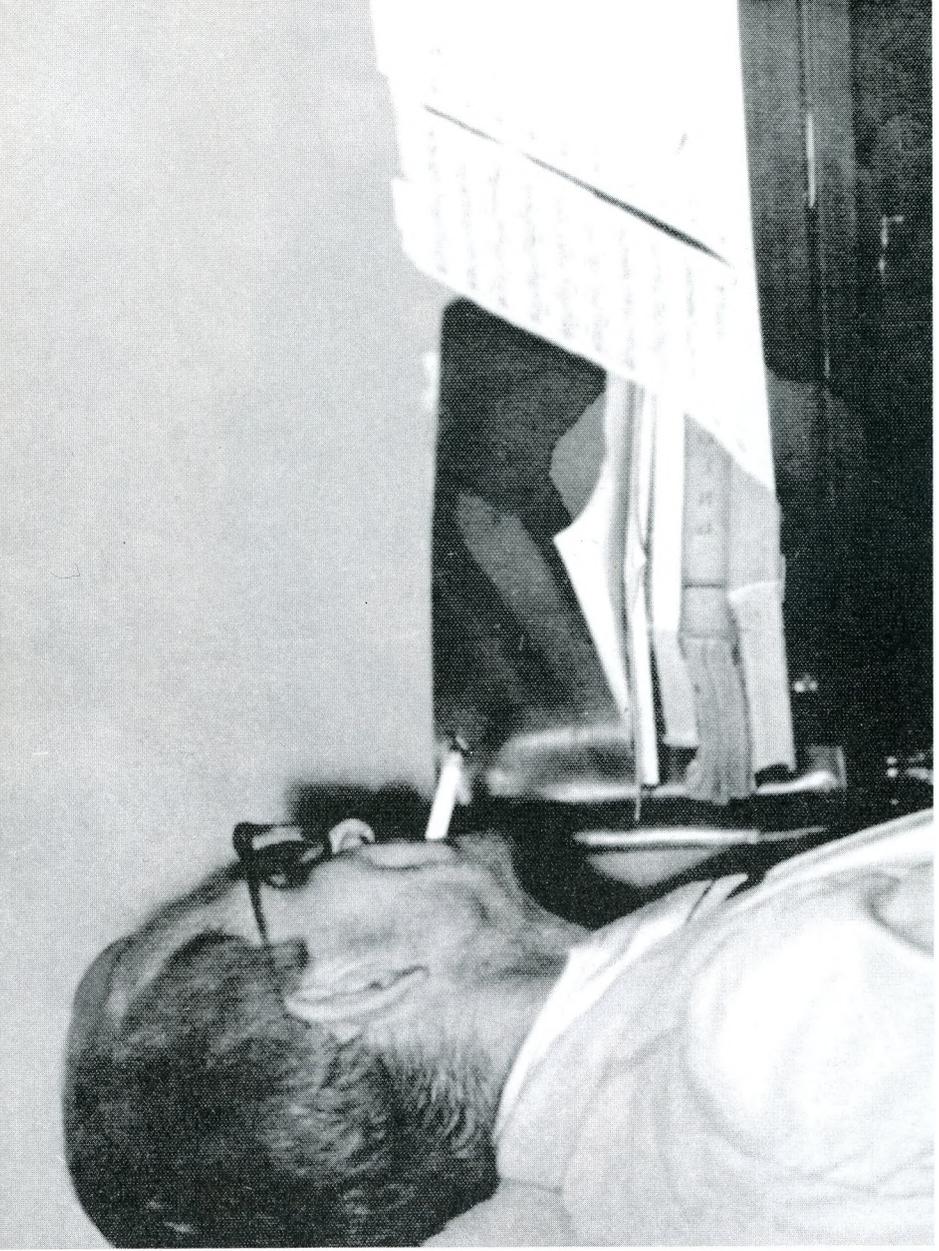








... .. , 1949 .



# ЗА СОВЕТСКУЮ НАУКУ

Орган парторганизации и МК ИМ-ТА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

18 МАРТА 1950 г.

№5

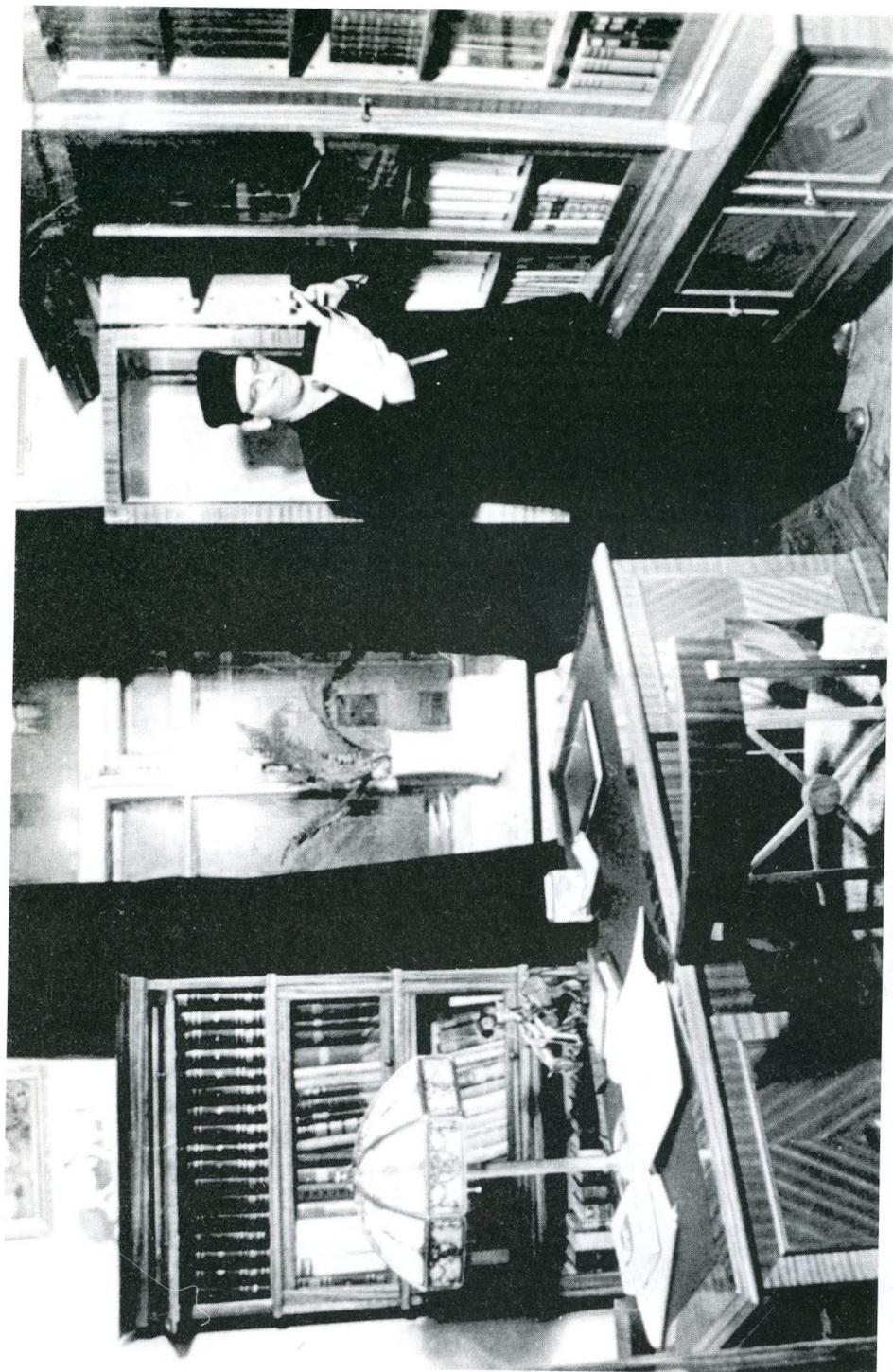
Поздравляем наших лауреатов  
**СПАЛИНСКОЙ ПРЕМИИ**  
с присуждением почетного звания,  
желаем дальнейших успехов на благо нашей Родины.

**Выдающееся  
изобретение...**



... и его творцы  
**Л.В. ЦУКЕРНИК** *Наш Сергей  
Алексеевич.*

Редколлегия



имеют значительно большую емкость хранимых чисел, чем магнитный барабан. Если учесть, что ленты можно менять, то емкость запоминающих устройств на магнитных лентах практически следует считать неограниченной, что является существенным преимуществом магнитных лент по сравнению с магнитным барабаном.

В зависимости от назначения машины, требований и задач, которые на ней решаются, в универсальных машинах применяется тот или другой вид внешнего запоминающего устройства. Так, на БЭСМ имеется магнитный барабан с емкостью на 5120 чисел и четыре магнитофона с лентами, на которых может храниться свыше 120 тыс. чисел. На «Стреле» имеются два устройства с магнитными лентами общей емкостью 200 тыс. чисел. На машине М-2 в качестве внешней памяти используются магнитные ленты с емкостью 50 тыс. чисел.

Большая скорость вычислений на современных электронных машинах часто требует быстрого вывода большого числа полученных результатов, а также удобного ввода исходных данных и программ. Поэтому вводные и выводные устройства имеют серьезное значение в общей характеристике работы машин.

Для вводных и выводных устройств используется как существующая аппаратура, так и новые разрабатываемые виды устройств, специально приспособленные для вычислительной техники.

В БЭСМ в качестве вводного устройства, используется перфолента, а для вывода результатов разработано специальное быстродействующее фотопечатающее устройство, применяемое для выдачи больших массивов полученных результатов. Кроме фотопечатающего устройства, предусмотрено также электромеханическое печатающее устройство для печати контрольных значений и печати результатов в случае их малого количества по сравнению с объемом вычислений.

В машине «Стрела» применяются вводные и выводные устройства на перфокартах с последующей печатью результатов с перфокарт вне машины.

В машине М-2 в качестве вводных и выводных устройств используется модифицированная телеграфная аппаратура.

Разработка и применение новых элементов для вычислительной техники позволяет существенно улучшить характеристики универсальных вычислительных машин. Здесь особенно большое значение имеют полупроводниковые элементы.

Логические схемы на полупроводниковых диодах позволяют существенно сократить число электронных ламп в машине, не снижая ее быстродействия. Весьма перспективным является применение полупроводниковых триодов вместо электронных ламп.

Работы в области ферритовых сердечников находят практическое применение в первую очередь для создания запоминающих устройств универсальных машин.

Применение новых элементов в вычислительной технике приводит к резкому сокращению аппаратуры и повышению надежности работы электронных машин. В связи с этим, возможно, придется пересмотреть вопрос о малых электронных машинах с запоминающим устройством на магнитном барабане и имеющих скорость порядка сотен операций в секунду. Такая скорость вычислений в большинстве случаев недостаточна для решения практических задач.

Использование ферритовых сердечников для запоминающих устройств и применение полупроводниковых элементов позволит создать машины с значительно большим быстродействием и требующих одного — двух человек для их обслуживания.

Электронные вычислительные машины в настоящее время находятся в стадии бурного развития. Каковы же направления этого развития?

Нам представляется, что основными направлениями развития универсальных математических машин являются следующие: 1) повышение быстродействия машин; 2) увеличение емкости запоминающего устройства; 3) повышение надежности работы и 4) упрощение математической и технической эксплуатации машин.

Под математической эксплуатацией машин мы подразумеваем упрощение логики машин, разработку более совершенных типов машин в отношении логики программирования и решения математических задач.

Остановимся кратко на этих основных вопросах.

Повышение быстродействия электронных математических машин вызывается необходимостью решения на них все более и более сложных задач с большим числом операций. Это обстоятельство настоятельно диктует повышение скорости выполнения операций на машинах.

Повышение быстродействия в основном может происходить за счет ускорения выполнения отдельных операций на электронных машинах. Основными моментами, определяющими быстродействие машин, являются выборка чисел из запоминающего устройства и время, требуемое для непосредственного выполнения арифметических и логических действий. Помимо этого, повышение быстродействия может быть также получено за счет совмещения отдельных операций в машине, и в частности совмещения выборки чисел из запоминающего устройства с одновременным выполнением арифметических и логических действий.

Повышение скорости выполнения арифметических и логических действий может быть осуществлено как за счет повышения быстродействия отдельных элементов основного арифметического устройства, так и за счет создания более рациональных логических схем выполнения этих действий. Кроме того, повышение быстродействия арифметического устройства может быть получено вследствие усложнения его логической схемы.

С точки зрения повышения быстродействия непосредственно самих элементов арифметического устройства заслуживает внимания применение импульсного принципа работы отдельных элементов арифметического устройства.

Следует иметь в виду, что существенное повышение быстродействия элементов арифметического устройства, как правило, приводит к увеличению мощности, а следовательно, и к применению более сложных и менее надежных электронных ламп. Однако повышение быстродействия за счет логической структуры арифметического устройства позволяет получить существенное ускорение выполнения операций при сравнительно умеренном увеличении аппаратуры. Так, в частности, путем видоизменения операций умножения можно добиться значительного сокращения времени на выполнение этого действия.

Для машин с плавающей запятой существенное значение имеет сокращение времени сложения как наиболее часто встречающейся операции. Кроме того, на машинах с плавающей запятой, помимо выполнения непосредственно самого сложения, приходится производить также предварительное выравнивание порядка и нормализацию результата.

Сокращение этих операций позволит также поднять общую скорость работы машины. Имеющиеся в этом направлении возможности далеко еще не использованы.

Следует также отметить, что с точки зрения повышения быстродействия целесообразнее отрицательные значения чисел представлять обратным, а не дополнительным кодом. Это связано с тем обстоятельством, что преобразование прямого кода в дополнительный является арифметическим действием и обычно отнимает больше времени, чем непосредственное обращение прямого кода в обратный.

Вторым фактором, определяющим скорость работы машины, является время обращения к запоминающему устройству. При трехадресной системе команд для выполнения одного действия приходится обращаться 4 раза к запоминающему устройству. Таким образом, время обращения к запоминающему устройству имеет существенное значение для оценки общей скорости работы машины.

Следует отметить, что выбор адресности в системе команд мало сказывается на суммарном времени обращения к запоминающему устройству. Действительно, при

одноадресной системе команд для выполнения одной операции приходится дважды обращаться к запоминающему устройству: один раз для вызова числа, другой — для вызова следующей команды. Но так как при одноадресной системе команд для выполнения заданных вычислений требуется примерно в 2 раза большее число команд, то суммарное время обращения к памяти остается примерно таким же, как и в трехадресной системе. В значительной мере это относится также и к двухадресной системе команд.

Таким образом, с точки зрения адресности команд, время, затрачиваемое на работу запоминающего устройства, практически остается без изменения.

Одним из решений уменьшения времени обращения к запоминающему устройству является создание дополнительной сверхбыстродействующей памяти сравнительно небольшой емкости. Повышение быстродействия памяти обычно приводит к увеличению аппаратуры, но если емкость быстродействующей памяти сделать сравнительно небольшой, то можно без значительного увеличения аппаратуры существенно уменьшить время обращения к памяти. Создание такой памяти позволит сократить время для выполнения отдельных стандартных вычислений (подсчет специальных функций, вычисление по алгебраическим формулам и т.д.).

Некоторые возможности повышения скорости имеются также в случае использования принципа совмещения операций. Выполнение арифметических действий в значительной мере может быть совмещено по времени с обращением к памяти. При этом возможно также отказаться от стандартного цикла выполнения операций, когда вызов следующей команды производится после отсылки результата в запоминающее устройство. Так, например, в БЭСМ цикл машин состоит из следующих операций: вызов первого числа, вызов второго числа и последующее арифметическое действие с ними. Затем результат отсылается в запоминающее устройство и только тогда вызывается следующая команда.

Если изменить такой порядок чередования цикла, а именно третьим сделать не отсылку результата, а вызов следующей команды, то на выполнение арифметического действия останется большее время, т. е. значительно легче будет совместить выполнение арифметических действий и обращение к памяти.

Возможное ускорение работы машины за счет совмещения вызова команд и чисел по двум независимым каналам также может дать сокращение времени, но при этом теряется возможность совмещения выполнения арифметического действия с вызовом команд. Однако раздельные каналы для вызова чисел и команд приводят к увеличению аппаратуры и требуют разделения памяти на две части, что несколько уменьшает гибкость машины.

Арифметическое устройство машины используется по существу лишь наполовину своего времени (например, при трехадресной системе команд). Действительно, арифметическое действие с числами можно производить лишь после того, как вызваны оба числа, т. е. половину цикла работы машины арифметическое устройство не работает. Поэтому следует видоизменить структуру и использование машины, с тем чтобы арифметическое устройство работало все время, а не только половину времени.

Кое-какие возможности в этом направлении имеются, но предложить какое-либо определенное решение пока еще не представляется возможным.

В особых случаях, когда требуется повышенное быстродействие машины, возможно, окажется целесообразным дублирование отдельных устройств машины; при этом существенное значение будет иметь соотношение между скоростями выполнения арифметических действий и обращения к запоминающему устройству.

Лимитирующим фактором в скорости машин является время обращения к запоминающему устройству. Большинство арифметических и логических действий может быть выполнено без дополнительного времени, т. е. за счет совмещения выполнения арифметических действий с обращением к памяти. Однако дальнейшее повышение

быстродействия запоминающих устройств и введение сверхбыстродействующей памяти могут в корне изменить это соотношение, и окажется целесообразным создавать не одно, а несколько арифметических устройств машины при той же самой памяти и, таким образом, за счет лишь частичного увеличения аппаратуры машины существенно повысить ее быстродействие.

Повышение быстродействия запоминающего устройства может вызвать также пересмотр системы представления чисел в системе машины. Возможно, что выполнение арифметических действий с плавающей запятой вызовет существенное замедление общей скорости работы машины и в тех случаях, когда требуется большое быстродействие, целесообразнее будет переходить на машины с фиксированной запятой, хотя это и создает некоторые осложнения при математической эксплуатации.

Расширение круга задач, решаемых на машинах, и особенно многомерных задач математической физики, помимо повышения скорости, требует также увеличения емкости запоминающих устройств.

До последнего времени увеличение емкости запоминающих устройств шло по линии создания промежуточной или так называемой внешней, менее быстродействующей, чем основная, памяти, но зато и требующей меньшего количества аппаратуры, т. е. запоминающего устройства на магнитных барабанах и на магнитных лентах. Такое разделение вызывалось необходимостью применения в качестве оперативного запоминающего устройства для быстродействующих машин электронно-лучевых трубок. Емкость такого запоминающего устройства определялась разрешающей способностью электронно-лучевых трубок. Следовательно, увеличение емкости вызвало существенное увеличение аппаратуры.

Появление запоминающих устройств на ферритовых сердечниках, которые, видимо, на ближайшее время будут являться основным видом запоминающих устройств для быстродействующих машин, позволит увеличить емкость запоминающего устройства без существенного увеличения электронной аппаратуры.

Однако увеличение емкости оперативной памяти не может полностью решить вопроса о создании достаточной емкости памяти для решения сложных задач. Поэтому промежуточная медленно действующая память на магнитных барабанах и ленте, по видимому, сохранит свое значение и в дальнейшем для универсальных электронных машин.

Опыт эксплуатации машин показал, что магнитные барабаны являются более надежным запоминающим устройством, чем магнитные ленты. Однако недостатком магнитного барабана является малая емкость по сравнению с магнитными лентами. В этом направлении далеко еще не использованы все возможности. Поэтому создание запоминающих устройств на магнитных барабанах с повышенной емкостью хранимых чисел и с повышенной скоростью выборки массивов чисел является одной из задач дальнейшего развития вычислительных машин.

Существенное значение запоминающих устройств для дальнейшего совершенствования вычислительных машин требует усиления работы как в области повышения скорости и емкости уже известных видов памяти, так и в области разработки и исследования новых элементов и принципов. В частности, может получить практическое применение использование сегнетодиэлектриков для создания малогабаритных видов запоминающих устройств с большим быстродействием и большой емкостью.

Надежность работы электронных вычислительных машин имеет большое значение при их эксплуатации. Повышение надежности работы может быть осуществлено за счет повышения надежности отдельных элементов, из которых составляется машина. С целью повышения надежности работы элементов следует стремиться к максимальному сокращению аппаратуры электронных машин и в первую очередь — электронных ламп. В этом отношении заслуживает внимания машина М-2, которая

имеет существенно меньшее количество электронных ламп (около 1600) при достаточно высокой скорости.

Правильный выбор режимов работы электронных ламп, а также создание достаточных запасов в отношении разброса и изменения характеристик ламп приводит к тому, что даже электронные элементы могут быть сделаны достаточно надежными.

Не все элементы, применяемые в электронных машинах, обладают одинаковой надежностью. Поэтому при создании машин целесообразно уменьшить количество менее надежных элементов за счет увеличения числа более надежных элементов.

Опыт эксплуатации машин показал, что германиевые диоды являются весьма надежным элементом в машинах. Так, например, из 10 тыс. германиевых диодов, установленных в БЭСМ, в течение двухлетней эксплуатации вышло из строя лишь единичное количество диодов. Это указывает на то, что применение германиевых диодов даже в больших количествах не понижает надежности работы машин и многие электронные элементы, в основном применяемые для логических схем, с успехом могут быть заменены элементами на германиевых диодах. При этом успешное решение задачи может быть получено лишь при соответствующем сочетании ламповых элементов с элементами на германиевых диодах.

Заслуживает внимания применение импульсного принципа и замена статических триггерных ячеек на импульсные, так называемые динамические триггеры. Динамические триггерные ячейки с трансформаторным выходом обладают низким выходным сопротивлением, что позволяет хорошо сочетать их с логическими элементами на германиевых диодах. Кроме того, применение динамических триггерных ячеек позволит существенно сократить количество электронных ламп, так как схема динамического триггера требует меньшего количества колб.

Следует также пересмотреть вопросы контроля работы машин. Принятая у нас практика логического контроля в целом представляется правильной, так как создание схем аппаратного контроля на все элементы машины сильно усложнило бы структурную схему машины и значительно увеличило бы количество аппаратуры, в результате чего мы имели бы не повышение надежности, а ее уменьшение. Однако возможно, окажется целесообразным для отдельных, менее надежных по сравнению с другими, устройств вводить частичный аппаратный контроль, который не приведет к значительному усложнению структурной схемы машины и увеличению аппаратуры.

В случае введения аппаратного контроля для отдельных устройств машины целесообразно предусматривать такую схему аппаратного контроля, которая бы не только констатировала наличие ошибки, но и автоматически восстанавливала бы правильное значение числа, т. е. не вызывала бы остановку машины.

Анализ осуществления и целесообразность применения подобных методов аппаратного контроля для отдельных устройств машины, естественно, должны быть проверены конкретными разработками.

Для обеспечения надежной работы электронных вычислительных машин существенное значение приобретают методы профилактической проверки машины, создание ухудшенных режимов работы для электронных ламп, разработка тестовых программ, позволяющих достаточно быстро определять малонадежные элементы в машине и проверяющих все элементы машины в условиях, аналогичных работе машины при вычислениях. В этом направлении проведено большое число работ и получены неплохие результаты. Однако дальнейшая разработка данного вопроса позволит еще больше повысить надежность и использование машин.

В условиях развития электронных вычислительных машин намечается тенденция к упрощению ряда логических функций. Если раньше для каждого изменения адреса команды использовалась индивидуальная логическая команда и определение количества повторений циклов осуществлялось путем введения дополнительного счетчика или путем модификации какой-либо команды, то в настоящее время при создании

машин стремятся к тому, чтобы изменение адресов команд и задание числа повторения циклов осуществлялось бы автоматически, путем введения соответствующих признаков кода адресов и более простого задания числа повторений в цикле.

Помимо удобств при программировании, которые дает такое автоматическое изменение адресов команд, при этом получается также некоторое повышение скорости работы машин за счет совмещения выполнения ряда логических действий с непосредственным выполнением арифметических действий. Точно так же получается некоторое сокращение команд в программе. Автоматизация выполнения логических действий должна сыграть также положительную роль в отношении упрощения автоматизации составления программ.

Помимо этих вопросов, необходимо обратить внимание на развитие логики электронных вычислительных машин, в целях дальнейшего упрощения автоматического составления программ и возможности решения на машине математических задач в их общей формулировке.

В развитии логики машин имеются еще далеко не использованные возможности.

Повышение скорости вычислений повышает также требования к выводным устройствам машины, поэтому необходимо дальнейшее развитие работ по созданию быстродействующих выводных устройств.

Представляется целесообразным также дальнейшее развитие в области повышения оперативности фотопечатающих выводных устройств и создания быстродействующих электромеханических печатающих устройств.

В создании электронных вычислительных машин в настоящее время явно установился принцип мелкоблочного построения машин, т. е. схемы электронных машин собираются из отдельных блоков.

Нам кажется, что накопленный нами значительный опыт по созданию и эксплуатации электронных вычислительных машин позволяет сейчас поставить вопрос о типизации отдельных элементов и узлов электронных вычислительных машин. Вместе с этим возросшие потребности в электронных вычислительных машинах, а также отдельные специфические требования, которые предъявляются к применению электронных машин той или другой организацией, должны привести к привлечению широкого круга специалистов и организаций к разработке и созданию новых типов машин.

Для того чтобы облегчить организациям создание новых типов машин, целесообразно опираться на разработанные стандартные типовые элементы и добиться того, чтобы наряду с изготовлением машин организовать в промышленности также производство отдельных элементов и узлов машин. Наличие стандартных элементов и узлов облегчит создание новых типов машин в различных организациях и тем самым существенно расширит объем работ по электронным вычислительным машинам. Можно надеяться, что в ближайшее время у нас появится довольно большое количество различных типов машин, особенно если будет организовано производство стандартных элементов.

Необходимо несколько остановиться на классах машин. Для ряда сложных задач нужны сверхбыстродействующие электронные вычислительные машины, обладающие большими емкостями памяти и массивами внешней памяти, т. е. высокопроизводительные электронные вычислительные машины. Наряду с этим, должен получить широкое развитие класс машин сравнительно средней производительности со скоростями порядка тысяч операций в секунду, однако главную роль здесь будет играть не скорость, а объем оборудования, т. е. емкость запоминающих устройств, объем вводных и выводных устройств и т. д. Такой класс машин должен быть рассчитан на широкий круг проектных и других организаций.

Необходимо также создавать машины для ручного использования, т. е. совсем маленькие, простые настольные машины, обладающие значительно пониженной скоростью операций.

В связи с большим развитием работ по электронным вычислительным машинам особую остроту приобретает вопрос о подготовке кадров и более широкой публикации работ в области вычислительной математики и техники. Хотя наши высшие учебные заведения и готовят большое число специалистов в этой области, однако этого явно недостаточно. Представляется целесообразным создание в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР краткосрочных курсов подготовки программистов по вопросам программ и решению конкретных задач. Создание таких постоянно действующих курсов было бы весьма полезным вкладом для вычислительной техники и математики.

Необходимо расширить также курсы для специалистов по технической эксплуатации и наладке электронных вычислительных машин с практическим прохождением наладки машин, более широко организовать обмен опытом между отдельными организациями, занимающимися вычислительной техникой и вычислительной математикой, расширить положительный опыт прикомандирования сотрудников к ведущим организациям. Особенно большое внимание должно быть уделено помощи периферийным организациям. Во всех этих вопросах большую роль должен сыграть Вычислительный центр Академии наук СССР.

Не менее важное значение имеет вопрос издания учебников и учебных пособий по вычислительной технике, программированию, методам численного анализа применительно к машинам. Дело чести наших специалистов, несмотря на всю их загруженность, в кратчайшие сроки написать такие учебники и учебные пособия. Необходимо также расширить публикацию работ по отдельным вопросам вычислительной техники и вычислительной математики в наших журналах и трудах.

## Мощное средство научного исследования <sup>1)</sup>

Математические методы широко используются в науке и технике. Однако решение многих важных задач связано с таким большим объемом вычислений, что при обычном, ручном счете с помощью арифмометров эти задачи оказывались практически неразрешимыми. Появление электронных счетных машин, позволяющих производить вычисления с невиданной ранее скоростью, совершило переворот в применении математики для решения важнейших проблем физики, механики, астрономии, химии и т. п.

Современные универсальные электронные счетные машины совершают тысячи арифметических действий в одну секунду и заменяют труд десятков тысяч вычислителей. За несколько часов на машине выполняется столько расчетов, сколько опытный вычислитель не сможет сделать за всю свою жизнь. Такая скорость вычислений позволяет рассчитать, например, траекторию полета снаряда быстрее, чем летит сам снаряд.

Помимо высокой скорости исполнения арифметических и логических действий, универсальные электронные счетные машины дают возможность решать разнообразнейшие задачи на одной и той же машине. Эти машины являются качественно новым средством, позволяющим, помимо громадного увеличения производительности труда, решать такие проблемы и задачи, которые считались невыполнимыми.

<sup>1)</sup> Известия, 1955, 22 мая.

Во многих случаях расчеты необходимо производить настолько быстро, чтобы полученные результаты имели практическую ценность. Это особенно наглядно видно на примере надежного предсказания погоды на следующий день. При ручном счете вычисления, связанные с надежным суточным прогнозом погоды, могут потребовать нескольких суток. Естественно, что при такой скорости расчетов результаты теряют практическую ценность. Применение электронных счетных машин для этой цели позволит полностью и своевременно решить эту задачу.

Объем вычислений для достижения практических результатов часто бывает настолько велик, что успешное решение возможно лишь при применении электронных счетных машин. Так, при составлении геодезических карт возникает необходимость в решении линейных алгебраических уравнений с несколькими сотнями неизвестных. На электронных счетных машинах подобные задачи решаются за несколько часов, в то время как при ручном счете на это уходит несколько месяцев работы большого вычислительного бюро. Одной из важных для народного хозяйства задач является построение форм контуров наиболее крутых, устойчивых, не осыпающихся откосов каналов, дающих большую экономию материальных средств и времени при строительстве каналов. Советские ученые дали ей правильное теоретическое решение. Однако практическое использование полученных результатов — составление таблицы типовых случаев — стало возможно лишь с помощью электронных счетных машин. Электронные счетные машины позволяют быстро решать сложные астрономические задачи, на что раньше астрономы тратили месяцы и годы.

На машине можно быстро перепробовать большое количество вариантов той или иной задачи и выбрать наиболее подходящий. Это позволяет определить, например, наиболее выгодную механическую конструкцию моста, найти наилучшую форму крыла самолета, сопла реактивного двигателя, лопаток турбин и т. п.

Практически неограниченная точность расчетов позволяет быстро вычислять на электронных счетных машинах всевозможные таблицы для нужд науки и техники.

Помимо выполнения математических задач, на электронных счетных машинах можно решать ряд логических задач. Так, например, принципиально возможно с помощью машины переводить тексты с одного языка на другой. В этом случае в машине должны храниться вместо чисел слова, заменяющие словарь и отдельные обороты речи. Другим примером решения логических задач является игра в шахматы. В этом случае шахматные фигуры оцениваются очками. Например, король — десять тысяч очков, ферзь — сто очков, ладья — пятьдесят очков и т. д. Кроме того, отдельные позиционные факторы, например, открытая линия, сдвоенные пешки, также оцениваются соответствующим количеством очков. Машина путем ряда проб выбирает вариант, дающий через определенное число ходов, при любых ответах противника, наилучшее соотношение очков. Следует, однако, заметить, что ввиду огромного количества возможных комбинаций решение вынуждено ограничиться лишь пробой сравнительно небольшого числа ходов, что исключает учет стратегических планов игры.

Современная электронная счетная машина, представляет собой сложный комплекс элементов электронной автоматики. В машине применяются электронные лампы, германиевые кристаллические элементы, электронно-лучевые трубки, магнитные элементы, фотоэлементы, сопротивления, конденсаторы и другие радиотехнические детали.

Арифметические действия выполняются с колоссальной скоростью электронными счетными схемами, объединенными в арифметическое устройство.

Для обеспечения высокой скорости расчетов недостаточно только быстро производить арифметические действия над числами. Поэтому в машине полностью автоматизирован весь вычислительный процесс. Выборка требуемых чисел, а также установление определенной последовательности действий с числами осуществляются автоматически.

Числа, с которыми производятся действия, а также результаты промежуточных вычислений должны сохраняться в машине. Предназначенное для этой цели устройство — «запоминающее устройство» — позволяет выбрать любое требуемое число, а также принять результат вычислений. Емкость запоминающего устройства, т. е. количество чисел, которое может в нем храниться, в значительной мере определяет гибкость машины применительно к решению разнообразных задач.

Выборка требуемых чисел из запоминающего устройства, действие, которое нужно произвести с этими числами, отсылка результата в запоминающее устройство и переход к следующей операции обеспечиваются в электронных счетных машинах устройством управления. После того, как в машину введены исходные данные и программа вычислений, устройство управления обеспечивает полную автоматичность вычислительного процесса.

Для ввода в машину исходных данных и программы вычислений, а также для печатания на бумаге полученных результатов служат специальные вводные и выводные устройства.

При вычислениях на машине необходимо иметь уверенность в правильности полученных результатов, т. е. необходимо контролировать проводимые расчеты. Контроль правильности вычислений осуществляется или специальными устройствами контроля, или же методами логического контроля путем соответствующего программирования. Простейшим примером логического контроля является «счет в две руки», т. е. двойной расчет со сличением полученных результатов.

Прежде чем приступить к решению той или иной задачи на машине, выбирается математический метод решения этой задачи. Затем составляется последовательность арифметических и логических действий, выполнение которых требует выбранный математический метод. Эта последовательность арифметических и логических действий является программой вычислений. Программа состоит из ряда команд: каждая команда обуславливает выполнение того или иного арифметического или логического действия. В команде должно быть указано, какие числа необходимо взять из запоминающего устройства, какое действие следует произвести с этими числами, на какое место запоминающего устройства направить полученный результат. Команды, как и числа, хранятся в запоминающем устройстве.

Команды программы, а также исходные данные записываются в виде условного кода. Обычно запись производится на перфокартах или перфоленте посредством пробивки отверстий, или же на магнитной ленте в виде записи импульсов кода. Затем эти коды вводятся в машину и переносятся в запоминающее устройство, после чего машина автоматически выполняет заданную программу вычислений.

Результаты вычислений опять-таки записываются, например, на магнитную ленту в виде импульсов кода. Специальные дешифрирующие печатающие устройства преобразуют записанный на магнитной ленте код в цифры и печатают их в виде таблиц.

В Академии наук, в Министерстве машиностроения и приборостроения и в других организациях созданы и успешно работают первоклассные электронные счетные машины. На этих машинах решено большое количество задач из области физики, химии и др. Вычислен ряд обширных таблиц специальных функций.

Перед советскими инженерами и математиками открыты богатые перспективы в деле дальнейшего развития принципов работы и конструкции вычислительных машин, а также их применения и эксплуатации.

Широкое использование электронных счетных машин в научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро и проектных организациях открывает неограниченные возможности в решении народно-хозяйственных задач.

Электронные счетные машины являются мощным орудием в руках человека. Трудно переоценить значение этих машин в деле познания человеческим разумом явлений природы и использования их на благо человечества.

## Электронная счетная машина <sup>1)</sup>

В Академии наук СССР более трех лет работает быстродействующая электронная счетная машина «БЭСМ», сконструированная Институтом точной механики и вычислительной техники. Машина является мощным средством научных исследований, проводимых учеными. Она позволила им совершенно по-новому подойти к решению важнейших проблем физики, механики, астрономии, химии и других отраслей знания, широко использовать современные методы математического анализа.

За одну секунду машина совершает в среднем 7000—8000 арифметических действий. В связи с этим нельзя не вспомнить, что опытный вычислитель с помощью арифмометра может выполнить за смену лишь около 2000 арифметических действий. Таким образом, за несколько часов на машине выполняются вычисления, которые опытный работник не сможет сделать за всю свою жизнь. Одна такая машина заменяет собой колоссальную армию вычислителей, состоящую из нескольких десятков тысяч человек. Только для их размещения необходимы были бы сотни тысяч квадратных метров площади.

На нашей электронной машине за время ее эксплуатации решено множество задач из различных областей науки и техники. В результате страна получила экономию, исчисляемую сотнями миллионов рублей. Приведем несколько примеров.

Для международного астрономического календаря за несколько дней были подсчитаны орбиты движения около семисот малых планет солнечной системы с учетом воздействия на них Юпитера и Сатурна. На десять лет вперед определены их координаты, точно высчитано, где они будут находиться через каждые сорок дней. Ранее такие расчеты требовали многих месяцев работы большого вычислительного бюро.

При составлении карт по данным геодезической съемки местности приходится решать систему алгебраических уравнений с большим числом неизвестных. Задачи с 800 уравнениями, требовавшие выполнения до 250 миллионов арифметических действий, решались на электронной машине менее чем за двадцать часов.

На ней же подсчитаны таблицы для определения форм контуров наиболее крутых, не осыпающихся откосов каналов. Это даст большую экономию материальных средств и времени в гидротехническом строительстве. Прежние попытки решить эту задачу хотя бы для одного варианта при работе 15 вычислителей в течение ряда месяцев не увенчались успехом. На электронной же машине подсчеты для десяти вариантов заняли менее трех часов.

Как работает наша электронная вычислительная машина?

Прежде чем приступить к решению той или иной проблемы, необходимо, зная физическую сущность исследуемого процесса, сформулировать задачу в виде алгебраических формул, дифференциальных или интегральных уравнений или других математических соотношений. Применяя хорошо разработанные методы численного анализа, можно почти всегда свести решение такой задачи к определенной последовательности арифметических действий. Таким образом, самые сложные задачи решаются посредством четырех действий арифметики.

Для выполнения какого-либо арифметического действия при ручном счете необходимо взять два числа, произвести с ними заданное арифметическое действие и записать полученный результат. Он может потребоваться для дальнейших расчетов или явиться искомым ответом.

Эти же операции осуществляются и в электронных счетных машинах. Если вводить числа от руки и от руки же задавать машине, какое арифметическое действие

<sup>1)</sup> Правда, 1955, 4 декабря.

следует с ними произвести, а затем записывать полученный результат, то скорость вычислений будет весьма низкой. Следует, кстати, отметить, что по этому принципу действуют настольные клавишные вычислительные машины. Для обеспечения большой скорости весь вычислительный процесс в электронных машинах полностью автоматизируется.

Для того чтобы взять числа, с которыми следует произвести то или иное арифметическое действие, необходимо их где-то «хранить». Для этой цели в электронных машинах имеется «запоминающее устройство», разбитое на ряд ячеек. Все ячейки пронумерованы и для того, чтобы выбрать какое-либо число, следует задать номер ячейки, в которой оно «хранится». Выбранные из «запоминающего устройства» числа поступают в ту часть машины, где выполняется заданное арифметическое действие. Полученный результат направляется в одну из ячеек «запоминающего устройства». Там он и «хранится» до тех пор, пока не потребуется в дальнейших расчетах.

Для выполнения какого-либо одного арифметического действия должны быть заданы: номера ячеек «запоминающего устройства», откуда следует взять два числа; действие, которое нужно произвести с этими числами, и, наконец, номер ячейки, куда нужно направить полученный результат. Такое задание, представленное в виде определенного кода, называется «командой».

Решение задачи сводится к последовательному выполнению ряда «команд». Эти «команды» образуют программу вычислений и «хранятся» в машине — обычно в том же «запоминающем устройстве».

Программа вычислений, то есть совокупность «команд», обеспечивающая заданную последовательность арифметических действий, необходимых для решения задачи, заготавливается математиками заранее.

Многие задачи требуют для своего решения десятков и даже сотен миллионов арифметических действий. Поэтому в электронных машинах используются методы, позволяющие сравнительно небольшим числом «команд» выполнять большое количество арифметических действий.

Наряду с «командами», выполняющими арифметические действия, в электронных машинах предусматриваются также «команды» для логических действий. Используя их, с помощью машины можно осуществлять, в частности, перевод текста с одного языка на другой.

При переводе текста с одного языка на другой в «запоминающем устройстве» вместо чисел хранятся слова, расположенные в алфавитном порядке, как в словаре. По заданному переводимому слову отыскиваются соответствующие ему слова на другом языке. Таких слов может быть несколько. Полученный подстрочный перевод фразы тут же обрабатывается машиной с учетом грамматических и синтаксических особенностей языка.

Вычисления на нашей машине ведутся с числами от одной миллиардной доли единицы до одного миллиарда. Каждое число имеет девять значащих цифр, что обеспечивает требуемую точность для большинства задач. В отдельных случаях, например, при решении некоторых астрономических задач, вычисления на машине можно производить с удвоенной значностью чисел. В качестве основного оперативного «запоминающего устройства» в машине используются специальные электронно-лучевые трубки, несколько напоминающие трубки для телевизоров. Числа «хранятся» в виде зарядов в отдельных точках экрана трубки. В этом «запоминающем устройстве» может находиться 1023 числа или «команды». Выборка какого-либо числа, запись результата осуществляются за двенадцать миллионных доли секунды.

Для расширения круга решаемых задач, оперирующих с большим количеством чисел, в машине имеется дополнительное, менее быстродействующее «запоминающее устройство» на магнитном барабане и магнитных лентах. Запись чисел на магнитные

ленты или барабан аналогична записи звука на магнитофонах. Только вместо звуковых колебаний при этом записываются электрические импульсы, соответствующие кодам чисел. На магнитных лентах может «храниться» более 120000 чисел, а на барабане — 5120, зато числа с барабана выбираются значительно быстрее, чем с ленты.

«Арифметическое устройство» машины использует электронные счетные схемы, позволяющие производить непосредственное сложение чисел в течение трех миллионных доли секунды, а умножение — за 192 миллионных доли секунды.

Первоначальный ввод чисел и «команд» в машину осуществляется с перфорированной ленты посредством специального «вводного устройства». Подготовка таких лент производится вне машины на перфораторах.

Результаты вычислений выводятся в виде записи их на магнитную ленту с последующим печатанием на киноленту вне машины на фотопечатающем устройстве со скоростью 200 чисел в секунду. Кроме того, имеется электромеханическое печатающее устройство, работающее непосредственно от машины со скоростью 1,5 числа в секунду. Это устройство используется в основном для печати контрольных значений, по которым можно следить за ходом вычислений.

Машина работает круглые сутки. Она имеет около 5000 электронных ламп, срок службы каждой из которых превышает 10 000 часов. Смена ламп производится при профилактическом контроле машины. Техническая эксплуатация непосредственно самой машины обеспечивается двумя инженерами и одним техником в смену.

За время эксплуатации быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР показала большую эффективность. Она подучила хорошую оценку советских и зарубежных ученых и специалистов. На недавно состоявшейся Международной конференции по электронным вычислительным машинам в Дармштадте ряд американских и немецких ученых оценил нашу машину как наиболее быстродействующую в Европе и стоящую на уровне современных американских вычислительных машин.

Советские ученые работают над созданием еще более совершенных счетных устройств, над изысканием новых возможностей их использования. Это является серьезным фактором технического прогресса в нашей стране, важным условием успешного развития многих отраслей науки.

## Назревшие задачи организации научной работы <sup>1)</sup>

Проект Директив XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану предусматривает широкое внедрение новой техники в народное хозяйство. Для успешного решения этой задачи необходимо дальнейшее всемерное развитие научных исследований.

Бурный рост новой техники, непрерывная замена устаревшего новым опираются на мощный подъем науки. Атомный век зародился в лабораториях ученых. Там же возникли быстродействующие электронные счетные машины, радиолокация, телевидение, искусственное волокно, пластмассы, новые лекарственные средства и многое другое, что в корне меняет условия жизни и труда человека.

Коммунистическая партия и советское правительство всегда уделяли огромное внимание развитию науки в нашей стране. Надо, говорил В.И. Ленин, «чтобы наука действительно входила в плоть и кровь, превращалась в составной элемент быта вполне и настоящим образом». Это указание Владимира Ильича приобретает

<sup>1)</sup> Правда, 1956, 14 февраля. Совместно с академиками С. А. Христиановичем и М. А. Лаврентьевым.

особое значение сейчас, когда наука интенсивно проникает во все звенья народного хозяйства. Становится все более растущей силой в руках государства.

То новое место, которое быстро занимает наука в повседневной деятельности всех отраслей хозяйства, резко меняет и ее лицо. Возросло взаимопроникновение одних областей науки в другие. Так, физика, механика, математика проникают буквально во все области науки и революционизируют их. Все больше и больше теорий, казавшихся чисто познавательными, становится в центре важнейших, практических задач. Так, математическая логика легла в основу конструкции современных электронных вычислительных машин. Геометрия Лобачевского (названная автором воображаемой) послужила основой для открытий, приведших к теории относительности и методам расчета процессов внутри атомного ядра. Исследования строения атомного ядра с невероятной быстротой привели к созданию атомной промышленности.

Наука сейчас сама постепенно становится своеобразной отраслью промышленности. Для ее развития требуется привлечение мощной техники, сооружение гигантских экспериментальных установок. Примером таких сложнейших установок могут служить ускорители, применяемые для исследования строения атомных ядер и атомных реакций, аэродинамические трубы со сверхзвуковой скоростью и мощностью силовых установок в десятки и сотни тысяч киловатт, электронные ультрамикроскопы и т. д.

Быстрое решение научных задач обеспечивается слаженным трудом больших коллективов ученых, инженеров, рабочих. Работа коллектива придает исследованиям и открытиям отдельных ученых невиданную ранее силу.

В этих новых условиях особое значение приобретают правильная организация научных исследований, плановое развитие науки. Однако далеко не все возможности здесь используются.

Многие научные институты и основные научные кадры сосредоточены в Москве и Ленинграде, вдалеке от соответствующих производственных центров. Это наносит большой ущерб делу. **Созрела необходимость создания общего плана размещения научных институтов, вузов и опытных производств на территории страны.**

В последние годы в связи с необходимостью быстрого решения ряда важных практических вопросов новой техники все более учащаются случаи совместной работы целого ряда институтов Академии наук, промышленности и вузов над общими задачами по согласованным планам. Например, для изучения солнца астрономы в кооперации с физиками начали широко применять так называемые радиотелескопы. Современный большой радиотелескоп представляет собой систему металлических ферм с площадью воспринимающего зеркала до 500 квадратных метров. Для создания таких телескопов нужно кооперирование работы многих министерств. Интерес к физике солнца имеет сейчас не только познавательное значение. Солнце — это огромная лаборатория, где можно открывать новые вещества, новые реакции. Изучение радиоизлучений солнца непосредственно нужно для усовершенствования дальних радиопередач.

Такое же кооперирование усилий необходимо по многим научным крупным проблемам.

Наряду с работой над комплексными научными проблемами, огромное значение имеют поисковые исследования, связанные либо с изучением новых явлений природы, практическая значимость которых видна только вдалеке, либо с работой над созданием машин, действующих на совершенно новых принципах, над изысканием принципиально новых технологических процессов. В этих работах труд ученого часто сливается с работой изобретателя. В таких работах имеется, конечно, много риска, но здесь чаще всего открываются новые пути развития техники. Такие работы могут и должны проводиться во всех научных учреждениях.

Однако для этих работ наилучшие возможности, несомненно, имеются в институтах Академии наук СССР, где меньше давление ведомственных интересов, где близко соприкасаются и быстрее обмениваются опытом ученые разных специальностей, где на стыках различных наук легче рождаются крупные открытия.

Сейчас широкому развитию поисковых работ мешает слабая оснащенность институтов Академии наук СССР. Поэтому важнейшей задачей шестой пятилетки в области науки должно быть завершение строительства институтов Академии наук СССР и создание в этих институтах хорошей лабораторной и производственной базы.

У нас имеются серьезные недостатки в координации научных исследований. Часто считают, что координирование научных исследований должно проводиться только Академией наук СССР. Это не совсем так. Конечно, роль академии, объединяющей крупнейших ученых страны, в этом деле должна быть велика. Как показал опыт, Академия наук СССР играет важную роль в выявлении новых перспективных научных направлений, в составлении совместно с учеными промышленности набросков перспективных планов работ, в организации научных съездов, конференций, крупных совещаний, где подводятся итоги работ и намечаются пути дальнейших исследований.

Однако действенное планирование, проведение крупных новых работ большого государственного значения требуют организационных мероприятий, совершенно непосильных Академии наук СССР. Каждая такая работа складывается из многих вспомогательных исследований, не представляющих часто непосредственного интереса для исполнителя, но совершенно необходимых для успеха общего дела. Выполнение таких работ, в равной мере обязательное как для институтов академии, так и для отраслевых институтов, должно регламентироваться государственным планом, обязательным для всех ведомств. Всегда такие работы требуют перераспределения средств, нового материального обеспечения. Все эти вопросы нельзя решить без государственного планирования. **Выявление таких крупных задач и центральных новых плодотворных научных направлений есть основная задача планирования в науке.**

Систематической работы по такому эффективному планированию и контролю за крупными научными исследованиями по всем важнейшим направлениям науки Госпланом СССР не проводится. В этой работе академия могла бы быть главным помощником Госплана и Гостехники.

О том, какие огромные резервы таятся в правильном общегосударственном планировании научных исследований, видно хотя бы из того, что за короткий срок, прошедший с июльского Пленума ЦК КПСС, ускорила опытно — промышленная проверка и внедрение результатов ряда важных научных работ институтов Академии наук СССР (новая серия приборов автоматического контроля, новые методы переработки угля и нефти, новые сплавы и т. д.).

Этим созданы важные организационные предпосылки для объединения усилий научных институтов и предприятий промышленности в деле создания новой техники. Сейчас стоит задача максимально использовать эти новые возможности.

При организации институтов, особенно в Академии наук СССР, часто одновременно не просматривается четкого плана строительства лабораторных помещений, жилья, поставки оборудования, комплектования кадрами. Поэтому есть институты, организация которых затянулась на десятки лет (например, институты механики и машиноведения Академии наук СССР). Это обходится очень дорого.

**Особое значение для развития науки и новой техники имеет подготовка кадров.** Наши вузы выпускают сотни тысяч высококвалифицированных молодых специалистов. Это создает основную предпосылку для дальнейшего мощного подъема науки и техники. Огромный размах подготовки специалистов в СССР вынуждена

признать даже зарубежная буржуазная печать. Однако мы не можем довольствоваться имеющимися успехами. В системе обучения в вузах еще много школьного. Большее приближение обучения к производству и практической научной работе могло бы существенно повысить качество подготовки специалистов.

Не следует бояться проведения в вузах больших исследовательских и проектных договорных работ с промышленностью и сельским хозяйством силами преподавательского состава и студентов. Это позволило бы все время развивать и обновлять лабораторное оборудование вузов, обучать студентов на настоящем практическом деле. Система оплаты труда преподавателей должна стимулировать их участие в научной работе.

Основным руслом подготовки молодых ученых у нас считаются аспирантура и докторантура, хотя возросшая сеть научно-исследовательских институтов, укрепление их научными кадрами, усиление научной работы в вузах создают все условия для роста научных кадров непосредственно на практической работе.

В аспирантуре и докторантуре подготовлено много замечательных кадров, ярко проявляющих себя в научном творчестве. Однако в организации аспирантуры и докторантуры имеются серьезные недостатки, которые необходимо устранить. В ряде случаев уровень диссертаций, даже докторских, весьма низок. Имеются недочеты в подборе людей в аспирантуру и докторантуру. Сюда нередко попадают лица, не имеющие данных для научной деятельности.

Докторантуру путем прикомандирования следует отменить как не оправдавшую себя. Докторантура при Академии наук СССР в ограниченных размерах, без обязательств по ее окончании защиты докторской диссертации, могла бы рассматриваться как высшая форма поощрения молодого ученого, которая дает возможность в течение трех лет отдать все силы научной работе без стеснения обязательным планом института или обязательствами преподавания. Такая докторантура была бы важным рычагом в руках государства для направления молодых ученых на решение новых перспективных и нужных задач.

Аспирантура должна рассматриваться только как особая форма помощи молодежи, проявившей склонности к научной работе. Окончание аспирантуры не может связываться с обязательной защитой диссертации. Оно должно контролироваться выполненными научными работами. С другой стороны, следует снять обязательства по сдаче каких-либо экзаменов перед защитой диссертаций и резко повысить требования к качеству диссертаций. Нужно ввести обязательную публикацию главных результатов работы перед защитой.

В соответствии со сказанным выше считаем весьма желательным дополнение проекта Директив рядом положений.

Необходимо составить пятилетний государственный план развития научных исследований, пересмотреть сеть институтов и вузов с целью их нового, более целесообразного размещения на территории страны. Нужно предусмотреть в плане резкое увеличение капиталовложений на науку, иметь ежегодный резерв средств для обеспечения новых важных работ, не предусмотренных годовым планом.

Важно закончить в течение пятилетия создание крупной экспериментальной базы Академии наук СССР.

Целесообразно усилить научную работу в вузах, включив их основные научные кадры в разработку больших комплексных проблем, связанных с дальнейшим развитием науки и народного хозяйства. Наконец, следует ввести существенные изменения в дело подготовки кадров через аспирантуру и докторантуру.

Улучшение организации научной работы является важным условием решения огромных задач, стоящих перед вашими учеными в шестой пятилетке. Тесно сплоченные вокруг партии и правительства, советские ученые не пожалеют своих сил для решения новых грандиозных задач.

## Месяц в Японии <sup>1)</sup>

Группа советских ученых весной этого года посетила Японию, чтобы ознакомиться с работой научных учреждений и фирм, занятых конструированием и производством вычислительных машин.

В аэропорте Шереметьево мела мартовская метель, а через пятнадцать часов в Рангуне все спасались от 38-градусной жары в здании аэропорта, где работал кондиционер. Затем Бангкок — здесь мы провели ночь, опять-таки тропически жаркую. Потом Сайгон, Манила и, наконец, Токио.

Нас радушно встречают японские ученые, и мы в отеле «Никацу». Еще день — составлена программа посещения университетов, лабораторий, фирм, занимающихся разработкой и выпуском вычислительных машин и их отдельных устройств.

Профессора М. Гото, Х. Ямасита и наш постоянный спутник доктор Т. Коно составили для нас весьма насыщенную программу. Почти каждый день мы посещали по две организации. Японские коллеги позаботились и о днях отдыха, в которые постарались показать нам наиболее интересные и красивые места Японии.

Высокий уровень развития радиоэлектроники в Японии определил успех создания надежных и экономичных вычислительных машин. Их широкое применение для решения математических задач экономики привело японских ученых к ряду важных достижений, в частности в области оптимального планирования производства с учетом спроса, прогнозирования номенклатуры наиболее необходимых товаров, автоматизации бухгалтерской и управленческой работы в учреждениях, на предприятиях и т. д.

Подавляющая масса вычислительных машин в Японии используется именно в сфере экономических, плановых и управленческих расчетов и, по заявлению японских специалистов, это дает большую экономию средств.

Все большее применение находит в Японии система планирования и оперативного управления крупными инженерными разработками новой техники с помощью вычислительных машин. Эта система (известная под названием «Перт») значительно сокращает время разработок, а также расходы на их выполнение.

В университетах и научных институтах вычислительные машины используются для проведения исследований. В университете Киото с помощью вычислительной машины успешно решается задача чтения машинописного текста.

Стоимость вычислительных машин, выпущенных в Японии в 1964 г., составила 25 400 млн иен.

Основная масса вычислительных машин Японии — средней производительности (со скоростью порядка до 30 тыс. операций в секунду). Они снабжены хорошими магнитофонными, магнитными, барабанными, печатающими и вводными устройствами.

В настоящее время ряд фирм занялся разработкой и выпуском машин повышенной производительности. Так, например, заканчивается изготовление опытных образцов машин «Фонтак», «Хитак-5020 Е», «Ниак-2». Новые машины выполняют операции со средней скоростью до 200—300 тыс. в секунду. Появление таких машин вызвано необходимостью решения задач современной физики, механики, кристаллографии, химии и т. д.

Следует отметить некоторые характерные особенности машин большой производительности. Машина «Фонтак» разрабатывается тремя фирмами, что является первым опытом совместной деятельности нескольких фирм в Японии. Она состоит из трех машин — одной центральной и двух вспомогательных. Центральную часть

<sup>1)</sup> Вестник АН СССР. 1965. № 12. С. 57-58.

разрабатывает фирма «Фудзи» на базе своих машин «Факом-230-250», первую вспомогательную машину «Саб-1» — фирма «Нипон», вторую — «Саб-2» — фирма «Оки». Фирма «Нипон» из внешних устройств создает накопитель на магнитной ленте, магнитные диски и ввод с перфоленты, фирма «Оки» — ввод с перфокарт, широкую и узкую печать и ленточный перфоратор, фирма «Фудзи» — перфоратор для карт. Центральная машина имеет возможность работать с внешними устройствами помимо вспомогательных машин; по своим характеристикам она близка к модели «LBM-7094».

Машина «Хитак-5020 Е» (тактовая частота логических элементов 18 МГц) разрабатывается Центральной научной лабораторией фирмы «Хитачи» на базе машины «Хитак-5020», находящейся в серийном производстве. Один из первых образцов новой машины предполагается установить в Токийском университете совместно с двумя машинами «Хитак-5020».

Фирма «Нипон» занимается в настоящее время разработкой новой машины «Ниак-2». Тактовая частота ее элементов 10 МГц; для 15 индексных регистров должна использоваться память на туннельных диодах с временем считывания 0,05 мкс и временем записи 0,1 мкс. Имеется постоянная память на 1024 числа на вихревых токах с временем считывания 0,5 мкс.

Основным направлением в новых разработках является создание интегральных схем. Почти все фирмы, занимающиеся вычислительными машинами, интенсивно ведут работы по осуществлению схем на твердом теле. Успешному ходу этих работ во многом способствует опыт в создании первоклассных электронных микроскопов и высококачественной измерительной аппаратуры (например, «Японской электронной оптической компании», фирмы «Мицубиси», «Хитачи»).

В области применения электронных вычислительных машин представляет интерес система «Марс-101» для продажи и резервирования железнодорожных билетов, использующая машину «Хитак-3030». Система позволяет сократить время от заказа до получения билета до 30 с. При этом резко уменьшается возможность ошибки.

В дальнейшем следует ожидать расширения сфер применения вычислительных машин.

Наши встречи с японскими учеными проходили в дружеской, деловой обстановке. Мы благодарны нашим коллегам за хорошую организацию визита, продолжавшегося около месяца.

## **Хронологический указатель основных трудов академика С. А. Лебедева**

Хронологический указатель содержит перечень печатных работ Сергея Алексеевича Лебедева в области электротехники и вычислительной техники. В хронологическом указателе литература представлена по годам, со сквозной нумерацией. В хронологический указатель не включены рецензии С. А. Лебедева, а также рецензии на его труды.

При работе над хронологическим указателем использованы: личный архив С.А. Лебедева, архив Института электродинамики АН УССР, архив Института точной механики и вычислительной техники АН СССР, архив Института кибернетики АН УССР, а также Летопись журнальных статей, отраслевые реферативные журналы со времени их основания.

**1929**

1. Устойчивость параллельной работы электростанций // Вестник экспериментальной и теоретической электротехники. 1929. № 4. С. 154—174.

**1931**

2. Устойчивость параллельной работы крупных электрических станций // Электричество. 1931. № 5. С. 251-259.

**1932**

3. Регулирование сложных электрических систем // Электричество. 1932. № 2. С. 105-112.

4. Методика расчета динамической устойчивости с учетом действия регуляторов напряжения и изменения реакции статора // Теоретическая и экспериментальная электротехника. 1932. № 5-6. С. 18-22.

5. Кустование электрических станций и создание Единой высоковольтной сети. — Генеральный план электрофикации СССР. Материалы к Всесоюзной конференции. Т. 7. Станции и сети. М.; Л., 1932. С. 349-356. Соавт.: А.И. Колпакова.

**1933**

6. Раздельное выключение фаз и автоматический однофазовый резерв для линий передач // Электричество. 1933. № 10. С. 16-25. Соавт.: П. И. Сазанова.

7. Сравнительная оценка различных мер увеличения устойчивости параллельной работы // Электричество. 1933. № 15. С. 17-23.

8. Устойчивость параллельной работы электрических систем. — М.; Л.: Госэнергоиздат, 1933. 264 с. Соавт.: П.С. Жданов.

**1934**

9. Исследования устойчивости в сетях Ленэнерго // Электрические станции. 1934. № 9. С. 27-30. Соавт.: П. С. Жданов, Л. В. Цукерник.

10. Устойчивость параллельной работы электрических систем. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.; Л.: Госэнергоиздат, 1934. 387 с. Соавт.: П. С. Жданов.

**1936**

11. Модель сетей переменного тока системы ВЭИ // Электричество. 1936. № 12. С. 4-9.

**1938**

12. Анализ искусственной устойчивости генераторов // Электричество. 1938. № 4. С. 31-36.

13. Замкнутая схема электропередачи Куйбышев—Москва // Электричество. 1938. № 4. С. 14.

14. Определение импеданцев сложных электрических систем // Электричество. 1938. № 12. С. 43-47.

**1939**

15. Объединение станций при расчетах статической устойчивости // Электричество. 1939. № 12. С. 14-15.

**1940**

16. Реактор для куйбышевских электропередач // Бюллетень Всесоюзного электротехнического ин-та. 1940. № 1. С. 4-9. Соавт.: П.С. Жданов, В.А. Карасев.
17. К вопросу о коммутационных перенапряжениях куйбышевских линий // Бюллетень Всесоюзного электротехнического ин-та. 1940. № 1. С. 35-36. Соавт.: Р. М. Кантор.
18. Применение серийных статических конденсаторов для электропередач Куйбышев-Москва // Бюл. Всесоюз. электротехн. ин-та. 1940. № 7. С. 23-27.
19. Исследование искусственной устойчивости / В кн.: Устойчивость электрических систем и динамические перенапряжения. — М.; Л., 1940. С. 5—99.

**1941**

20. Устойчивость параллельной работы синхронных компенсаторов // Бюл. Всесоюз. электротехн. ин-та. 1941. № 5. С. 15-25. Соавт.: П.С. Жданов.

**1948**

21. Автоматическое регулирование напряжения и статическая устойчивость электрических систем // Сб. научно-технических статей Ин-та электротехники АН УССР. 1948. Вып. 1. С. 5-9.
22. Автоматизация и автоматическое регулирование энергосистем // Вестник АН УССР. 1948. № 1. С. 48-55.
23. Искусственная устойчивость синхронных машин / Доклад на Международной конференции по большим электрическим сетям, XII сессия. — М.: Изд-во АН УССР, 1948. 23 с.
24. Ред.: Сборник научно-технических статей Ин-та электротехники АН УССР, 1948. № 1, 2.

**1949**

25. Влияние сухого трения на изменение скорости при синусоидальном приложенном моменте. — Сб. трудов ин-та электротехники АН УССР, 1949, вып. 4, С. 18-24. Соавт.: Л.Н. Дашевский.
26. Компаундирование и искусственная устойчивость синхронных машин. — Сб. трудов АН УССР. К., 1949. С. 205-222. Соавт.: Л. В. Цукерник.
27. Ред.: Сборник научно-технических статей Ин-та электротехники АН УССР, 1949, № 3.
28. Ред.: Сборник трудов Ин-та электротехники АН УССР, 1949, № 4.

**1950**

29. Ред.: Сборник трудов Ин-та электротехники АН УССР, 1950, № 5.

**1951**

30. Электронные разрешающие устройства. — Сб. трудов Ин-та электротехники АН УССР. К., 1951, вып. 6. С. 5-13. Соавт.: Л.Н. Дашевский, Е.А. Шкабара.
31. Ред.: Сборник трудов Ин-та электротехники АН УССР, 1951, № 6-7.

**1952**

32. Памяти В.М. Хрущева // Электричество. 1952. № 1. С. 93.
33. Быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР. В 2-х ч. - М., 1952. (АН СССР. ИТМ и ВТ).

- Ч. 1. Общее описание машин. 94 с.  
 Ч. 2. Методика производства операций. 120 с.  
 34. Малая электронная счетная машина АН УССР. — М., 1952. 162 с. (Ин-т точной механики и вычислительной техники АН СССР. Ин-т электротехники АН УССР).  
 Соавт.: Л.Н. Дашевский, Е.А. Шкабара.  
 35. Ред.: Сборник трудов Ин-та электротехники АН УССР, 1952. № 8-9.

### 1953

36. Ред.: Сборник трудов Ин-та электротехники АН УССР, 1953. № 10.

### 1955

37. Быстродействующая электронная вычислительная машина Академии наук СССР. Докл. на Международной конференции по электронным счетным машинам в Дармштадте. Октябрь. 1955. - М., 1955. 12 с. (ИТМ и ВТ АН СССР).  
 38. Мощное средство научного исследования — «Известия», 1955, 22 мая.  
 39. Электронная счетная машина. — «Правда», 1955, 4 дек.  
 40. Електронна лхчильна машина. (Про будову ізначення ШЕЛМ для розвитку найновішої техніки наукового дослідження. Бесіда з акад. С.О. Лебедєвим). — «Вечірній Київ», 1955, 29 листів.  
 41. Die schnelllaufende elektronische Rechenmaschine der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. — Ber. Int. Ronf. elektron. Rech. Darmstadt, Okt. 1955. Moskau, 1955. 11 S (Akad. UdSSR. In-t Feinmech. und Rechn.).  
 42. High-speed electronic computer of Academy of Sciences of the USSR. Pap. Int. Conf. Electron. Comput. Darmstadt, Oktober 1955. Moscow, Publ. House USSR, Acad. Sci. 1955. 10 p. (Acad. Sci. USSR. Inst. Exact Mech. and Comput. Tech.).

### 1956

43. Быстродействующие универсальные вычислительные машины. — Конф. «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения». Пленарное заседание. Москва, 12-17 марта 1956 г. — М., 1956. С. 31-43.  
 44. Быстродействующие универсальные вычислительные машины. — М.: ВИНТИ, 1956. 15 с.  
 45. Некоторые вопросы в области вычислительной техники. — М., 1956. 20 с. (АН СССР. ИТМ и ВТ).  
 46. Современная вычислительная машина. — Труды III Всесоюзного математического съезда. — М., 1956. С. 77. Соавт.: М.Р. Шура-Бура.  
 47. Электронные вычислительные машины. Докл. на пленарном заседании сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. — М., 1956. 20 с. (АН СССР).  
 48. Электронные вычислительные машины. — М., 1956. 48 с. (АН СССР. Научно-популярная серия).  
 49. Электронные вычислительные машины. Изд. 2-е. — М., 1956. 48 с. (АН СССР. Научно-популярная серия).  
 50. Электронные вычислительные машины и обработка информации. (Международная конференция в Дармштадте) // Вести. АН СССР. 1956. № 1. С. 48-49.  
 51. О машине, которая считает и переводит. (Быстродействующая электронная счетная машина БЭСМ) // Ответы на вопросы трудящихся. 1956. Вып. 72. С. 45—50.  
 52. За расцвет отечественной науки. — «Правда», 1956, 18 янв.  
 53. Назревшие задачи организации научной работы // Правда. 1956. 14 февр. Соавт.: М.А. Лаврентьев, С. А. Христианович.

54. «BESM», eine schnellaufende elektronische Rechenmaschine der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. — Nachrichtentech Fachber., 1956. N 4. S. 76–79.

55. Certain works in the sphere of the computing technique. Moscow, 1956. 20 p. (Acad. Sci. USSR. Inst. Exact Mech. and Comput. Tech.).

56. Elektronkový Samocinný Pocitac Akademie ved. SSSR // Stroje na Zprasovani Inf. 1956. b. 4, P. 305–315.

57. The high-speed electronic calculating machine of the Academy of Sciences of the USSR. (Transl. C.D. Benster) // J. Assoc. Comput. Mach. 1956. V. 3, № 3. P. 129–133.

#### 1957

58 О будущем счетных машин // Техника молодежи. 1957. № 2. С. 12–13.

59. Электронные вычислительные машины. — Сессия Академии наук СССР по проблемам автоматизации производства. 15–20 октября 1956. Пленарное з. — М., 1957. С. 162–180.

60. Электронные помощники математиков. (О возможностях электронных счетно-решающих устройств и перспективах их применения. Беседа с акад. С. А. Лебедевым) // Комсомольская правда. 1957 г. 9 июня.

#### 1958

61. Машины-математики. БЭСМ-2 // Наука и жизнь. 1958. № 11. С. 5–6.

62. Революция умственного труда началась. (О развитии и внедрении ЭВМ. Беседа с акад. С. А. Лебедевым. Записали М. Васильев и С. Гуцев.) / В кн.: Репортаж из XXI века. 1958. С. 129–134.

63. Ред.: Вычислительная техника. Сб. статей. — М., 1958. 151 с. (АН СССР. ИТМ и ВТ).

#### 1959

64. Общее описание БЭСМ и методика выполнения операций. — М.: Физматгиз, 1959. 208 с. (ЭЦВМ БЭСМ. Вып. 1). Соавт.: В. А. Мельников.

65. Электронные цифровые вычислительные машины / В кн.: Вычислительная техника и ее применение. — М.; Л., 1959. С. 5–17.

66. Ред.: Вычислительная техника и ее применение / Сб. статей. — М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. 392 с. (Общество «Знание» РСФСР. Дом научно технической пропаганды).

67. Ред.: С. А. Лебедев, В. А. Мельников Общее описание БЭСМ и методика выполнения операций. — М.: Физматгиз, 1959. 208 с. (ЭЦВМ БЭСМ. Вып. 1).

#### 1960

68. Ред.: П. П. Головистиков, А. Н. Зимарев, К. С. Неслуховский Арифметическое устройство и устройство управления БЭСМ. — М.: Физматгиз, 1960. 244 с. (ЭЦВМ БЭСМ. Вып. 2).

#### 1961

69. О значении электронно-вычислительных машин для создания материально-технической базы коммунизма // Наука и религия. 1961. № 12. С. 12–13.

70. Ред.: Магнитные элементы и устройства вычислительной техники. Сб. статей. — М., 1961. 147 с. (АН СССР. ИТМ и ВТ).

**1962**

71. Ред.: Н. И. Меркулов, А. А. Павликов, А. С. Федоров Запоминающее устройство БЭСМ-2. — М.: Физматгиз, 1962. 187 с. (ЭЦВМ БЭСМ. Вып. 3).

**1964**

72. БЭСМ-6. Основные технические данные. — М., 1964. 10 с. (АН СССР. ИТМ и ВТ).

73. Ред.: Англо-русский словарь по вычислительной технике. — М.: Сов. энциклопедия, 1964. 279 с.

**1965**

74. Месяц в Японии // Вестник АН СССР. 1965. № 12. С. 57–58.

**1970**

75. У колыбели первой ЭВМ // Наука и жизнь. 1970. № 11. С. 41.

76. Машины новых поколений // Неделя. 1970. № 49.

## Раздел 3. Научная школа С. А. Лебедева

### Роль С. А. Лебедева в развитии отечественной вычислительной техники<sup>1)</sup>

академик В.А.Мельников

Вспоминаю свою первую встречу с Сергеем Алексеевичем Лебедевым. В 1950 г. я учился на V курсе Московского энергетического института (МЭИ). Это был первый послевоенный выпуск. Наш факультет назывался тогда «электрофизический», и мы учились на кафедре «Автоматика и телемеханика». Предмета «Вычислительная техника» тогда в институтах еще не преподавали. Все много говорили о будущей работе, но кто где будет работать, толком никто не знал. Перед преддипломной практикой весной нас пригласили в деканат, где мы встретили человека в очках, невысокого роста, лукаво поглядывавшего на нас. «Ну как, — спросил он, — будем делать большую электронную машину?» Мы дружно закивали головами, смутно представляя себе, что это такое — электронная машина. Так произошло наше знакомство с Сергеем Алексеевичем Лебедевым — основоположником отечественной вычислительной техники, главным конструктором первой электронной вычислительной машины в нашей стране.

На практику в Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ АН СССР) прибыли шесть дипломников с нашей кафедры и трое с радиотехнического факультета. Этот институт, которым Сергей Алексеевич Лебедев руководил с 1953 г. и до конца своих дней, сейчас носит его имя. Директором института сначала в 1948 г. был академик Михаил Алексеевич Лаврентьев, известный математик, который много помогал при разработке первой ЭВМ и внес большой вклад в дальнейшее развитие вычислительной техники.

Во время прохождения практики Сергей Алексеевич подробно рассказал нам, что такое ЭВМ, для чего она нужна, из каких устройств состоит и каково ее быстродействие. Каждому практиканту определили темы дипломных проектов. Было сделано так, что тема диплома отражала разработку какого-то узла или устройства будущей машины. В сентябре 1950 г. нас, студентов-дипломников, приняли на работу как сотрудников института, а в марте 1951 г. мы успешно защитили свои дипломные работы. Они легли в основу проекта будущей машины БЭСМ-1 (быстродействующей электронной счетной машины АН СССР).

Со стороны казалось, что работа, порученная нам, проста и естественна. Но каждый должен был макетировать свои узлы, устройство. С чего начать, где что достать, как что включить? Только талант Сергея Алексеевича, его знания, умение подойти к людям, организовать их работу помогли делу. Он внимательно следил за работой, не навязчиво советовал, умело поправлял, и создавалось впечатление, что выполняешь работу самостоятельно. В дальнейшем это очень пригодилось при создании первой ЭВМ, ее наладке. Правда, следует сказать, что до последнего

<sup>1)</sup> Из журнала «Информатика и образование», 1986 г., № 1.

момента в душе у каждого из нас было сомнение: а как она будет работать? Взять приемник — всего 10-12 ламп, а как трудно найти неисправность. А здесь одних электронных ламп было более 5 тыс., а контактов, сопротивлений, конденсаторов и других радиодеталей — не перечесть. Лишь Сергей Алексеевич был уверен, что мы справимся с порученным делом.

Его уверенность родилась не на пустом месте. Работая с 1946 г. директором Института электротехники АН УССР в Киеве, С. А. Лебедев уже тогда начал думать о создании электронно-вычислительной машины.

Сергей Алексеевич прекрасно понимал, что для успешного решения крайне важных задач народного хозяйства и обороны нашей страны необходимо создание более совершенной вычислительной техники. Быстродействие ей обеспечит электроника, а автоматизацию — программное управление. Для обсуждения этих вопросов в Институте электротехники АН УССР он организовал семинар с привлечением ведущих специалистов. В 1947 г. была создана специальная лаборатория по разработке макета ЭВМ, который назвали МЭСМ (малая электронная счетная машина). Эта лаборатория сыграла большую роль в становлении отечественной вычислительной техники, а ее дружный творческий коллектив в трудные послевоенные годы сделал первые шаги в развитии электронного машиностроения.

После перехода Сергея Алексеевича на работу в Москву лаборатория была преобразована сначала в Вычислительный центр АН УССР, а затем в Институт кибернетики.

Около здания этого института установлен памятник первой ЭВМ, а на здании, где размещался Институт электротехники АН УССР, открыта мемориальная доска с такой надписью:

«В этом доме, в Институте электротехники АН УССР, в 1946—1951 гг. работал выдающийся ученый, создатель первой отечественной электронной вычислительной машины Герой Социалистического Труда академик Сергей Алексеевич Лебедев».

В своем выступлении на открытии мемориальной доски президент АН УССР академик Б. Е. Патон говорил, что имя Лебедева — родоначальника отечественной вычислительной техники — по праву стоит рядом с именами И. В. Курчатова и С. П. Королева и что создание в тяжелые послевоенные годы первой отечественной ЭВМ было научным и трудовым подвигом С. А. Лебедева.

В свои 45 лет Сергей Алексеевич, будучи уже известным ученым, проявив гражданское мужество и научное бесстрашие, выбирает новое прогрессивное направление в науке — вычислительную технику, связанную в первую очередь с развитием фундаментальных научных исследований.

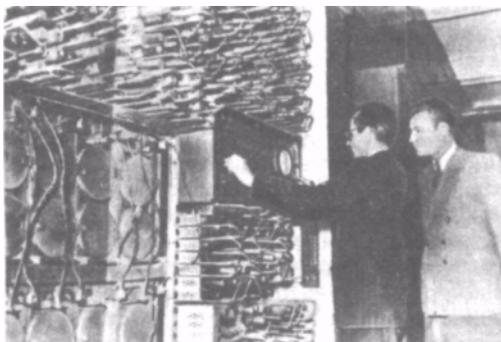
Сергей Алексеевич понимал, что МЭСМ, на которой проверялись все основные принципы работы ЭВМ и решались важные задачи, имея недостаточное быстродействие, малый объем оперативной памяти и небольшую разрядность, не сможет решать трудоемкие задачи, требующие высокой точности вычислений и большого быстродействия.

Поэтому не дожидаясь завершения работ по МЭСМ, С. А. Лебедев начал создавать ЭВМ БЭСМ-1, организовав специальную лабораторию разработчиков этой машины, в которой оказались и мы — выпускники Московского энергетического института. В дальнейшем эта лаборатория пополнялась выпускниками МГУ и других вузов. Впоследствии ее тематика стала основной для всего института.

Такое решение характеризует Сергея Алексеевича как глубокого ученого-исследователя, грамотного конструктора, опытного инженера. Этот метод «резервирования» научных разработок наблюдается на протяжении всей его творческой деятельности.

На опыте создания БЭСМ-1 можно видеть широту его научных и конструкторских разработок. В процессоре машины были использованы лампы, серийно выпускаемые нашей промышленностью. Лебедев указал несколько направлений по

созданию оперативной памяти ЭВМ. Велись работы по созданию оперативного запоминающего устройства (ОЗУ); на электроакустических ртутных линиях задержек (последовательно-параллельного действия); ОЗУ параллельного действия на электронно-лучевых трубках (типа современных телевизионных кинескопов); ОЗУ на ферритовых магнитных сердечниках. Создавались внешние запоминающие устройства на магнитных лентах и магнитных барабанах, устройства ввода и вывода на перфокартах и перфолентах, быстродействующие печатающие устройства. В ЭВМ было впервые применено постоянное запоминающее устройство на сменных перфокартах, что позволило решать задачи на БЭСМ-1 по мере готовности того или иного запоминающего устройства. Поэтому ее реальное использование началось уже с 1952 г. с ОЗУ на электроакустических ртутных трубках. Правда, быстродействие



ее было в десять раз ниже запланированного, но зато, помимо решения задач, появилась возможность получить первый опыт по эксплуатации и отладке программ.

Следует отметить, что БЭСМ-1 сдавалась дважды, первый раз с ОЗУ на электроакустических ртутных трубках со средним быстродействием 1000 операций в секунду и второй раз с ОЗУ на электронно-лучевых трубках с быстродействием около 10 тыс. операций в секунду. И оба раза она была успешно принята Государственной комиссией. Правда, в дальнейшем еще были испытания, когда на БЭСМ-1 проверялась оперативная память на ферритовых магнитных сердечниках, но этот вид памяти уже был окончательно внедрен в СССР на серийной машине БЭСМ-2.

Созданная в ИТМ и ВТ АН СССР под руководством С. А. Лебедева Быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР (БЭСМ-1) — важнейший этап в развитии отечественной вычислительной техники. Она была первой советской быстродействующей ЭВМ (8-10 тыс. операций в секунду), самой производительной машиной в Европе и одной из лучших в мире.

Первой задачей, решенной на БЭСМ-1 и имевшей большое народно-хозяйственное значение, был расчет оптимального уклона скоса канала. В программе решения этой задачи задавались параметры сыпучести грунта, глубины канала и некоторые другие. Крутой уклон экономит объем земляных работ, но может привести к быстрому осыпанию, поэтому важно найти математически обоснованный компромисс, который бы сэкономил объем работ при сохранении качества сооружения. Работа по созданию алгоритма и программы, потребовавшая серьезных математических исследований, была выполнена под руководством С.А. Лебедева. Он в 1953 г. был избран действительным членом АН СССР, а в 1956 г. ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

В структуре БЭСМ-1 уже тогда были реализованы основные решения, характерные для современных ЭВМ. Принцип ее работы был параллельного действия, что потребовало увеличения аппаратуры; и это было смелым по тем временам решением, например, одна триггерная ячейка содержала четыре электронные лампы, надежность которых была мала, срок службы составлял всего 500-1000 часов, а в БЭСМ-1 более 5 тыс. таких ламп.

Важной особенностью этой машины и большим структурным достижением было введение операций над числами с «плавающей» запятой, когда машина может про-

изводить операции над числами в диапазоне от  $2^{32}$  до  $2^{-32}$  автоматически, не требуя специальных операций масштабирования. Эти операции в машинах с фиксированной запятой составляют около 80% от общего числа операций и увеличивают время решения задач. Одновременно БЭСМ-1 обеспечивала хорошую точность вычислений (около 10 десятичных знаков). БЭСМ-1 позволила советским ученым решить большое число важных для страны задач, даже таких, которые раньше и не ставились. Однако значение БЭСМ-1 этим не исчерпывается. Принципы ее конструкции воплотились и совершенствовались в последующих советских ЭВМ. Таким образом, БЭСМ-1 стала прототипом вычислительных машин высокого класса.

Обычно при создании ЭВМ сначала составляются технические требования (ТТ), которые определяют «лицо» будущей машины с учетом назначения и широты применения, указанием основных характеристик. Затем на основе ТТ составляется техническое задание на разработку (ТЗ), в котором более подробно и конкретно утверждаются все параметры ЭВМ — быстродействие отдельных устройств машины в целом, ее надежность, объемы оперативной и внешней памяти, особенности конструкции блоков электропитания и охлаждения, состав и возможности программного обеспечения. Далее идет наиболее важная часть разработки — проектирование.

Составляется предварительный проект (аванпроект), эскизный проект и технический проект (обычно с созданием макета и выпуском документации для серийного изготовления). Все эти проекты по мере готовности обсуждаются, в них вносятся поправки, дополнения и при одобрении проекты утверждаются.

Потом идет этап изготовления и наладки, наиболее трудный, но и поучительный, так как здесь разработчик видит все свои промахи и ошибки. После этого следует торжественный и ответственный этап — предъявление первого образца на испытания Государственной комиссии, в которую, как правило, входят будущие пользователи этой машины и ведущие специалисты (комиссия строгая).

В ходе испытаний проводится проверка соответствия техническому заданию, многосуточный прогон на надежность при решении контрольных задач с фиксацией всех сбоев, отказов, потери времени на восстановление, определение полезного времени счета, климатические испытания, проверка состава и качества документов, возможностей программного обеспечения. При положительных результатах машина принимается, подписывается и утверждается приемно-сдаточный акт.

Все, кто прошел «лебедевскую» школу, хорошо знают, что такое конструирование ЭВМ. Сергей Алексеевич научил нас этому. Кстати, в то время в ИТМ и ВТ широко обсуждался вопрос: что такое разработка вычислительной техники — наука или конструирование? Обсуждался на научно-техническом совете, семинарах и даже в стенной газете. Наконец, ученые пришли к общему мнению, что создание вычислительной техники — и наука, и конструирование. И это — прямое воплощение лозунга о неразрывной связи науки и производства.

От технологичности конструкции, качества изготовления, надежности разработки зависела дальнейшая судьба машины — будут ее ругать или хвалить. ЭВМ, разработанные под руководством Лебедева, всегда хвалили.

Успех дела объяснялся не только знаниями Сергея Алексеевича и его выдающимся талантом. Он хорошо понимал, что разработка ЭВМ — дело коллективное, и создавал творческие сплоченные коллективы, учил их работать и умел с ними работать. Его опорой и надеждой была молодежь. Он верил и доверял молодым.

Сергей Алексеевич был человеком скромным и даже застенчивым, но всегда умел находить общий язык с молодежью и пользовался у нее большим и искренним уважением. В нем сочетались душевная доброта и чуткость, высокая принципиальность и требовательность. Личный пример у Сергея Алексеевича был главным принципом воспитания. Например, для завершения проекта БЭСМ-1 оставалось очень мало времени, но были еще недоделки. Кто-то сказал: «Не успеем, мало дней осталось».

Сергей Алексеевич ответил: «Успеем, есть еще ночи, ночью хорошо работать — никто не мешает». Он работал — и все, невзирая на усталость, работали тоже.

В первый период наладки машины было много отказов, сбоев, отключений источников питания и других неисправностей. Мы растерялись. Но Сергей Алексеевич находился рядом и, предупреждая нашу растерянность, спокойно говорил, что неисправности необходимо устранять быстрее, чем они появляются, тогда наладка будет продвигаться вперед. И мы устраняли, хотя прошло несколько суток, пока в машине не кончились массовые отказы. А когда она проработала на тестовых программах 10 минут без выключения и остановок, всем стало ясно, что машина будет работать.

Так были созданы первые ЭВМ в Киеве и Москве, так образовались первые коллективы ученых школы Лебедева.

В дальнейшем им были разработаны хорошо известные компьютеры, которые в определенный период времени считались самыми быстродействующими в нашей стране. Он считал, что такой класс машин — главная движущая сила в развитии вычислительной техники. Ведь только разработка таких ЭВМ требует от науки и техники решения новых сложных проблем.

Под руководством Сергея Алексеевича были созданы и внедрены в производство еще две ламповые ЭВМ — БЭСМ-2 и М-20. Их характерной особенностью было то, что они разрабатывались в тесном контакте с промышленностью, особенно М-20. Специалисты завода и академического института вместе участвовали в создании ЭВМ. Этот принцип хорош тем, что улучшается качество документации, так как в ней учитываются технологические возможности завода. При этом параллельно с разработкой ведутся подготовка серийного производства и макетирование отдельных устройств.

Новая для того времени машина БЭСМ-2 сохранила систему команд и все основные параметры БЭСМ-1, но конструкция ее стала более технологичной и удобной для серийного выпуска.

Что касается М-20, был сделан еще один новый шаг в развитии отечественной вычислительной техники. Во многом повторяя структуру БЭСМ-1, М-20 обладала производительностью 20 тыс. операций в секунду за счет совмещения работы отдельных устройств и более быстрого выполнения основных арифметических операций.

В шестидесятых годах наша промышленность начала массовый выпуск полупроводниковых приборов, что позволило перейти на новую элементную базу ЭВМ. Разработка полупроводниковых машин, которой руководил С. А. Лебедев, развивалась по двум основным направлениям. Первое — перевод наиболее совершенных ламповых машин на полупроводники с сохранением структуры и быстродействия, но с повышением надежности, уменьшением размеров и энергопотребления. Такой ЭВМ была М-20, ставшая в полупроводниковом варианте БЭСМ-3М, БЭСМ-4 и М-220. Раньше названия ЭВМ присваивались выпускающими заводами. Такие машины отличались друг от друга оформлением и небольшой разницей в стоимости. Так рождались советские ЭВМ второго поколения.

Второе направление развития полупроводниковых ЭВМ максимально использовало все возможности новой элементной базы и способствовало повышению производительности, надежности, совершенствованию структуры и упрощению эксплуатации машин. Яркий пример развития этого направления — ЭВМ БЭСМ-6, созданная под руководством С.А. Лебедева. Трудно переоценить значение и влияние этой высокопроизводительной, оригинальной по архитектуре и структуре отечественной вычислительной машины на развитие вычислительной техники других областей научно-технического прогресса.

БЭСМ-6, созданную в первой половине 60-х годов, по элементной базе условно относят к ЭВМ второго поколения. Но в ней были заложены перспективные решения, широко используемые в машинах третьего и четвертого поколений. Поэтому

разработка БЭСМ-6 — классический пример проектирования перспективных машин, и опыт их создания следует изучать и применять разработчикам новых компьютеров.

Макет БЭСМ-6 был запущен в опытную эксплуатацию в 1965 г., а уже в середине 1967 г. был предъявлен на испытания первый образец машины. Тогда же были изготовлены три серийных образца. Благодаря совместной работе с заводом-изготовителем фактически не потребовалось времени на доводку машины и подготовку к серийному производству.

На испытания БЭСМ-6 сдавалась вместе с необходимым и достаточно полным математическим обеспечением, что редко бывает в практике испытаний, когда математическое обеспечение обычно создается дополнительно. Государственная комиссия под председательством академика М. В. Келдыша, в то время президента АН СССР, дала машине высокую оценку.

БЭСМ-6 — универсальная машина со средним быстродействием миллион операций в секунду, работает в диапазоне чисел от  $2^{-64}$  до  $2^{+63}$  и может обеспечить точность вычислений 12 десятичных знаков. В ее электронную схему входят 60 тыс. транзисторов и 180 тыс. полупроводников-диодов.

Гениальность С.А. Лебедева в том, что он ставил цель, предвидя перспективы развития структуры будущей машины, умел правильно выбрать средства на ее реализацию, учитывая возможности отечественной электронной промышленности. Им была предложена элементная база и конструкция, которая могла быть реально освоена в сравнительно короткий срок. Элементная база, точнее схемотехника БЭСМ-6, по тем временам была совершенно новой, а принцип разделения сложной машинной логики, построенной на диодных блоках, и однотипной усилительной части обеспечил ЭВМ простоту изготовления и надежность работы. Она в БЭСМ-6 обеспечивается большим запасом мощности основных блоков машины (нагрузка диодов и транзисторов — 25...40% от допустимой), что создает хорошие условия работы полупроводниковых элементов. В целом это обеспечило высокую надежность центральной части ЭВМ, время наработки на отказ которой достигает несколько сотен часов.

Быстродействие БЭСМ-6 в первую очередь определяется высокочастотной системой элементов и компактной конструкцией, которая позволила внутренние соединения (связи) сделать короткими, уменьшая потери на задержках сигналов. Впервые в СССР была достигнута тактовая частота ЭВМ 10 МГц, в то время как у обычных машин с теми же диодами и транзисторами тактовая частота составляла 4-6 МГц.

Несмотря на то что БЭСМ-6 — довольно сложная электронно-вычислительная система, ее структуру и архитектуру отличают общность концепций и изящные инженерные решения.

Можно привести пример использования БЭСМ-6 во время совместного советско-американского полета «Союз»—«Аполлон». Управление полетом осуществлялось крупным вычислительным комплексом, в состав которого кроме БЭСМ-6 входили и другие мощные вычислительные машины отечественного производства, разработанные учениками академика С.А. Лебедева. Его талант, сочетание смелого творческого полета мысли, научной принципиальности с видением условий применения ЭВМ, возможностей технологии, путей скорейшего внедрения научных достижений в производство помогли разработать эти машины. Если раньше сеанс обработки телеметрической информации длился около получаса, то на новом комплексе это делалось за несколько минут, вся информация обрабатывалась в ряде случаев раньше, чем у коллег в США, с которыми мы сравнивали наши результаты. Это позволило улучшить управление космическими кораблями, которые за эти полчаса успевали покинуть зону видимости наземных станций, и управляющая информация раньше могла быть передана только во время следующего витка вокруг Земли.

Вот основные принципиальные особенности БЭСМ-6:

—магистральный, или, как в 1964 г. назвал его академик С. А. Лебедев, водопроводный, принцип организации управления, с его помощью потоки команд и операндов обрабатываются параллельно, до 14 машинных команд на различных стадиях;

—впервые заложенный в БЭСМ-6 принцип использования ассоциативной памяти на сверхбыстрых регистрах с логикой управления. Это позволяет сократить число обращений к ферритовой памяти, осуществляя локальную оптимизацию в динамике счета. Наиболее часто встречающиеся команды, операнды и результаты отдельных операций автоматически, без участия автора той или иной программы, оставались в промежуточной быстрой регистровой памяти;

—расслоение оперативной памяти на отдельные автономные модули позволяет одновременно обращаться к блокам памяти по нескольким направлениям;

—многопрограммный режим работы для одновременного решения нескольких задач с заданными приоритетами;

— принцип страничной организации памяти и разработанные на его основе механизмы защиты по числам и командам. Это дало возможность динамически распределить оперативную память в процессе вычислений средствами операционной системы. Был предусмотрен аппаратный механизм преобразования математического адреса в физический;

— развитая система прерываний, необходимая для автоматического перехода с решения одной задачи на другую, организации одновременного обмена данными между несколькими внешними устройствами и оперативной памятью параллельно с выполнением вычислений, контролем за выполнением этих обменов.

При создании БЭСМ-6 по инициативе С. А. Лебедева было проведено детальное моделирование для определения ее структурных характеристик с учетом задач, для решения которых она была предназначена. Результаты этого моделирования позволяли принимать более простые структурные решения или в ряде случаев требовали создания новых систем, не имевших аналогов в вычислительной технике.

Важный принцип обоснованности принятых технических решений не потерял своего значения и по сей день. Он требует творческого, научного подхода, которым в полной мере обладал С. А. Лебедев.

При создании БЭСМ-6 были заложены и основные принципы системы автоматизации проектирования (САПР). Документация для монтажа выдавалась на завод в виде таблиц, полученных на ЭВМ БЭСМ-2, где проводилось и моделирование структурных систем.

Говоря об огромном влиянии, которое оказало создание БЭСМ-6 на развитие различных областей науки и техники, особо следует сказать о ее роли в развитии работ по математическому обеспечению. Прежде всего назначение этой машины, ее архитектурные и структурные особенности требовали создания новых систем: операционной системы и систем программирования, отвечающих требованиям современного пользователя.

Без преувеличения можно сказать, что работы по исследованию и созданию операционных систем, стратегий распределения ресурсов и планирования вычислений во многом связаны с появлением БЭСМ-6. Это и понятно. Такие машины готовились для установки в центрах с сильными коллективами специалистов в области программирования и использования вычислительных машин.

Появилась возможность организации мультипрограммирования, режима разделения времени.

Коллективными усилиями советских программистов уже к 1968 г. была создана система математического обеспечения с операционной системой пакетной обработки, трансляторами машинно-ориентированных языков и универсальных языков Алгол-60 и Фортран.

Математическое обеспечение БЭСМ-6, созданное специалистами Советского Союза, открыло широкие горизонты в деле эффективного использования вычислительной техники в наиболее важных решающих областях научно-технического прогресса.

У читателя не должно сложиться впечатление, что творческий путь С.А. Лебедева напоминал асфальтированное шоссе. Были упорная и принципиальная борьба, ошибки, срывы и неудачи. Помимо широкой эрудиции, большой трудоспособности, от Сергея Алексеевича постоянно требовались высокие нравственные качества, позволившие ему не только отстаивать свое научное направление, но и эффективно руководить большим коллективом, создать научную школу.

Проблемы, с которыми приходилось сталкиваться Лебедеву, не всегда можно сравнить с проблемами его зарубежных коллег. Так, например, мы не могли закупить у какой-нибудь фирмы готовые устройства магнитной записи для построения внешних запоминающих устройств. Их приходилось разрабатывать самим. Показательна история с золотом для электронной аппаратуры — хорошим проводником электрического тока, пластичным и не подверженным коррозии. В ЭВМ много контактных разъемов, которые покрывают тонким слоем золота для надежности соединений. Пришлось академику Лебедеву доказывать, что золото необходимо для ЭВМ.

Жизненный путь Сергея Алексеевича ярок и многогранен. Кроме первых фундаментальных разработок он выполнил важные работы по созданию многомашинных и многопроцессорных комплексов. В этот период были заложены основы вычислительных сетей ЭВМ. Ряд его работ, к сожалению, остался незаконченным. По намеченным им главным направлениям сейчас работают его ученики и целые научные коллективы практически во всех точках нашей страны. Созданная им научная школа — лучший памятник ученому.

Сергей Алексеевич на протяжении всей своей жизни вел большую работу по подготовке научных кадров. Он был одним из инициаторов создания Московского физико-технического института, основателем и руководителем кафедры вычислительной техники в этом институте, руководил работой многих аспирантов и дипломников.

Говоря о наследии С.А. Лебедева, нельзя не сказать об атмосфере взаимопонимания и творческого воодушевления, которое умел создать вокруг себя Сергей Алексеевич. Он умел поощрять творческую инициативу, оставаясь при этом принципиальным и требовательным. Ученый считал, что лучшая школа для специалиста — участие в конкретных разработках, и не боялся привлекать к работе с серьезными проектами молодежь.

В Советском Союзе у истоков развития и становления отечественной вычислительной техники, кибернетики и информатики, определяющих ускорение научно-технического прогресса, стоял выдающийся ученый, гражданин и патриот академик Сергей Алексеевич Лебедев. Для нас, его учеников, он был и останется самым любимым учителем.

## **Научная школа академика С. А. Лебедева в развитии вычислительной техники**

*Академик В. С. Бурцев*

Школа академика С.А. Лебедева оказала большое влияние на развитие вычислительной техники в России. Академик С. А. Лебедев определил основное направление развития отечественной вычислительной техники, создание быстродействующих ЭВМ и комплексов, имея в виду, что именно это направление является передовым фронтом развития новой отрасли. Жизнь подтвердила правильность выбранного направления. В настоящее время предоставляется возможность более полно, чем

раньше, познакомить читателя с историей развития вычислительной техники в нашей стране и рассказать о тех работах специалистов школы академика С.А. Лебедева, которые ранее не были опубликованы.

Работы, проводимые школой С. А. Лебедева, не могли быть полностью опубликованы до настоящего времени, так как многие из них выполнялись по заказам оборонных ведомств и были связаны с системами противоракетной и противосамолетной обороны, освоением космоса, созданием ядерных вооружений. Настоящее сообщение делает попытку наиболее полно рассказать о работах школы С. А. Лебедева и в какой-то мере заполнить определенный пробел в истории развития отечественной вычислительной техники.

Первая электронная вычислительная машина дискретного действия, получившая название Малая электронная счетная машина (МЭСМ), была создана под руководством С. А. Лебедева в 1950 г. в Институте электротехники АН Украины [1, 2, 5]. На этой машине С. А. Лебедев проверил многие принципы организации вычислительного процесса при работе в двоичной системе счисления. Данная работа послужила хорошим экспериментом, позволившим ему уже через три года создать Быстродействующую электронную счетную машину (БЭСМ) для решения многих задач экспериментальной физики и ряда других задач, которые ранее из-за большой трудоемкости счета решить было невозможно. Если МЭСМ имела производительность 50 оп./с, последовательное 17-разрядное арифметическое устройство (АУ) с фиксированной запятой, всего четыре арифметические операции и одну команду управления при емкости оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) в тридцать одно слово<sup>1)</sup>, то БЭСМ обладала производительностью в 10 тысяч оп./с, имела параллельное 39-разрядное АУ с плавающей запятой, емкость ОЗУ 1024 слова и выполняла 32 различные операции. БЭСМ имела достаточно развитую систему внешней памяти — магнитный барабан и магнитную ленту, устройства ввода-вывода на перфокартах и перфоленте и печатающее устройство. В БЭСМ существовали специальные команды, обеспечивающие переход к подпрограммам с возвратом в исходную точку программы.

Согласно жесткой последовательности работы устройств БЭСМ (рис. 1а), сначала из ОЗУ считывался код команды, согласно которому устройство управления командами организовывало необходимые обращения к ОЗУ за считыванием первого и второго числа, выдавало необходимую временную диаграмму для выполнения операции на АУ, записывало результат и считывало следующую команду. При обращении к магнитной ленте, магнитному барабану или внешним устройствам ввода-вывода, центральное управление обеспечивало все операции поиска информации, ее считывания или записи, для чего использовалось АУ.

В 1953-1956 гг. в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР проводились работы по автоматическому съему данных с радиолокационной станции (РЛС) и сопровождению целей, которые открыли путь к созданию радиолокационных и ракетных комплексов на новой информационно-вычислительной основе.

В 1955 г. на макете радиолокационной станции обзорного действия был проведен эксперимент одновременного сопровождения нескольких реальных целей (самолетов) при опережающем расчете их траектории. Выдача координат осуществлялась в дискретном цифровом виде (ЭВМ «Диана I» и «Диана II») [8]. Эти работы позволили в 1960 гг. построить радиолокационный комплекс наведения противоракеты на баллистическую ракету противника с точностью попадания в цель менее 25 мет-

<sup>1)</sup> Впоследствии (в 1951 г.) число разрядов было увеличено до 21, а количество команд до 13.

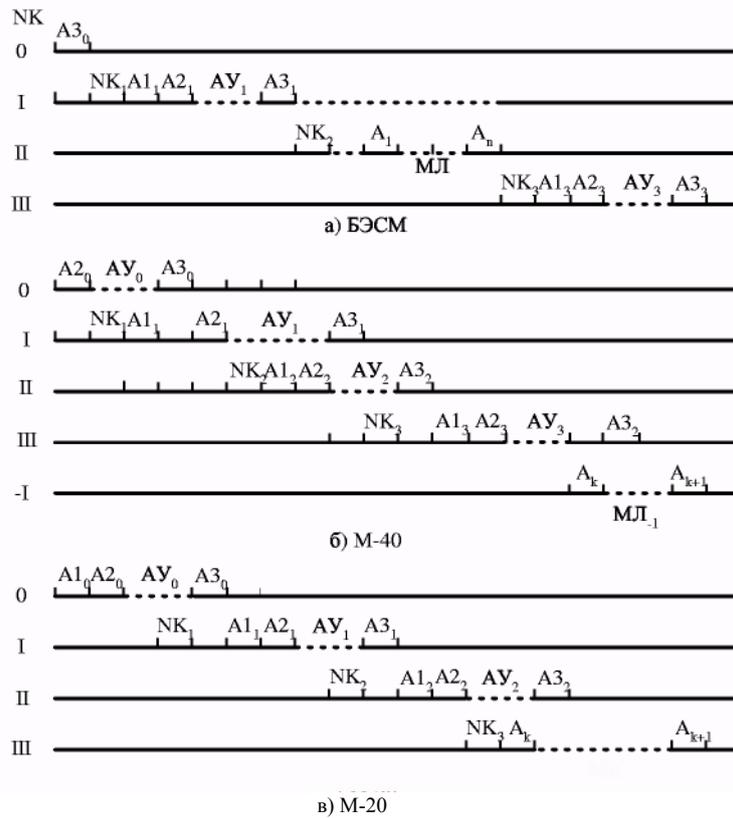


Рис. 1. Временные диаграммы работы БЭСМ, М-40, и М-20. НК — время считывания команды, А1 и А2 — времена обращений к ОЗУ за операндом, А3 — время записи результата, АУ — время работы АУ, МЛ — операция с магнитной лентой (запись или считывание)

ров. Для решения этой проблемы потребовалось создать высокопроизводительную вычислительную сеть. Производительность центральной ЭВМ этой сети достигала 40 тысяч оп./с при объеме ОЗУ в 4096 40-разрядных слов. Создание этой машины под названием М-40 было закончено в 1958 г. Для достижения столь высокой производительности были существенно пересмотрены принципы организации системы управления ЭВМ.

Каждое устройство машины — управление командами (УК), АУ, ОЗУ, управление внешними устройствами (УВУ), включая МБ и МЛ и другие устройства, получили автономное управление, что позволило реализовать их параллельную работу. С этой целью был создан мультиплексный канал обращения к ОЗУ со стороны УК, АУ и УВУ.

Согласно временной диаграмме работы М-40 (рис. 16), обращения к ОЗУ со стороны УК (А1, А2, А3 и НК) и работа МБ и МЛ и других внешних устройств, включая линии передачи данных, происходят, как правило, на фоне работы АУ.

В экспериментальном комплексе противоракетной обороны (ПРО) эта машина, через процессор приема и передачи данных, осуществляла обмен информацией по пяти дуплексным и асинхронно работающим радиорелейным каналам связи с объектами, находящимися от нее на расстоянии от 100 до 200 километров. Общий

темп поступления информации через радиорелейные линии превышал 1 Мбит/с (рис. 2) [6, 7].

Проблема обмена информацией с асинхронно работающими объектами была решена с помощью процессора приема и передачи данных (ППД), работа которого основывалась на принципе мощного мультиплексного канала, имеющего свою память, доступную для всех каналов.

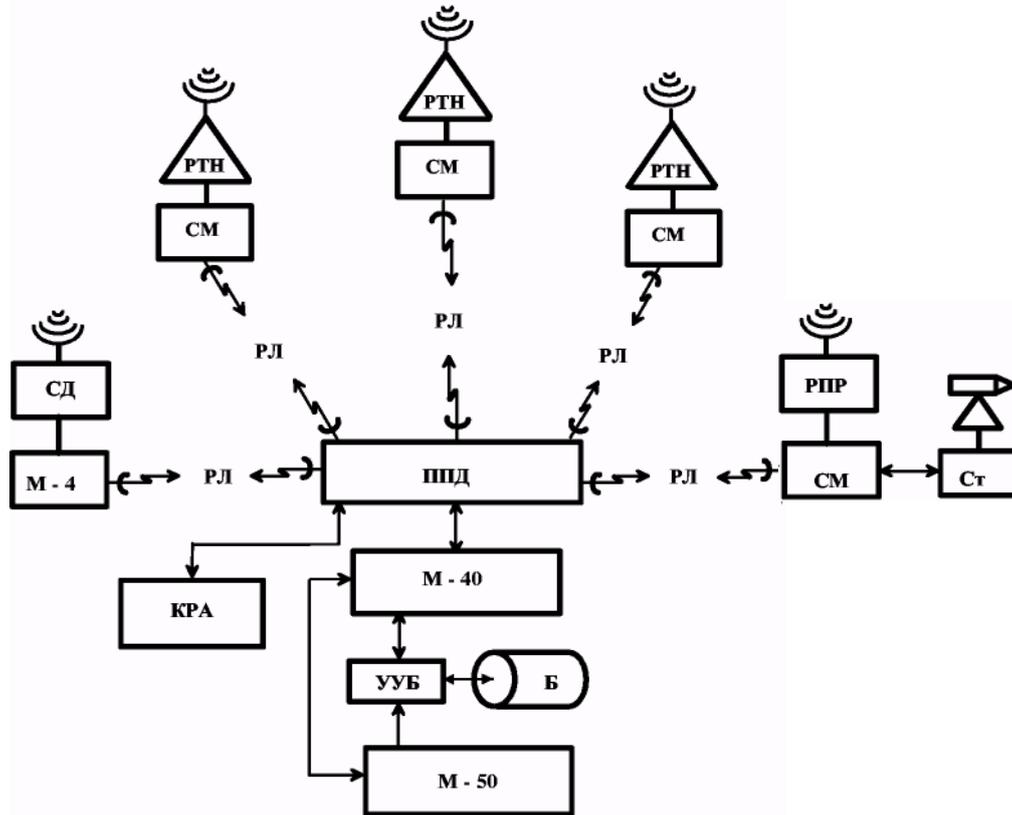


Рис. 2. Вычислительная сеть экспериментальной системы ПРО. РТН — радиолокаторы точного наведения, СМ — специальные вычислительные машины, СД — станция дальнего обнаружения, М-4 — электронная вычислительная машина М-4, РПР — радиолокатор противоракеты (передача сигналов на противоракету), Ст — стартовая установка противоракет, ППД — процессор приема и передачи данных, М-40 и М-50 — универсальные электронные вычислительные машины М-40 и М-50, Б — запоминающее устройство на магнитном барабане, УУБ — устройство управления барабаном, КРА — контрольно-регистрающая аппаратура, РЛ — радиорелейные линии

Одновременно с проведением боевой работы М-40 записывала на внешнее запоминающее устройство (магнитный барабан) экспресс-информацию, которая обрабатывалась на ЭВМ М-50 (модернизация М-40, обеспечивающая выполнение операций над числами с плавающей запятой). Система регистрации боевой работы (КРА) давала возможность в реальном масштабе времени «проигрывать» и анализировать каждый пуск, для чего ЭВМ М-40 и М-50 имели развитую систему прерываний.

Одновременно с вычислительным комплексом ПРО (1955—1958 гг.) в институте была разработана универсальная ЭВМ М-20 для гражданского использования. Машина выполняла 20 тысяч оп./с и имела ОЗУ емкостью 4096 45-разрядных слов, арифметическое устройство с плавающей запятой, развитую систему внешних устройств, печатающее устройство с автономным управлением. На фоне работы арифметического устройства осуществлялась выборка следующей команды. Обеспечивалось автономное управление вводом-выводом (рис. 1 в).

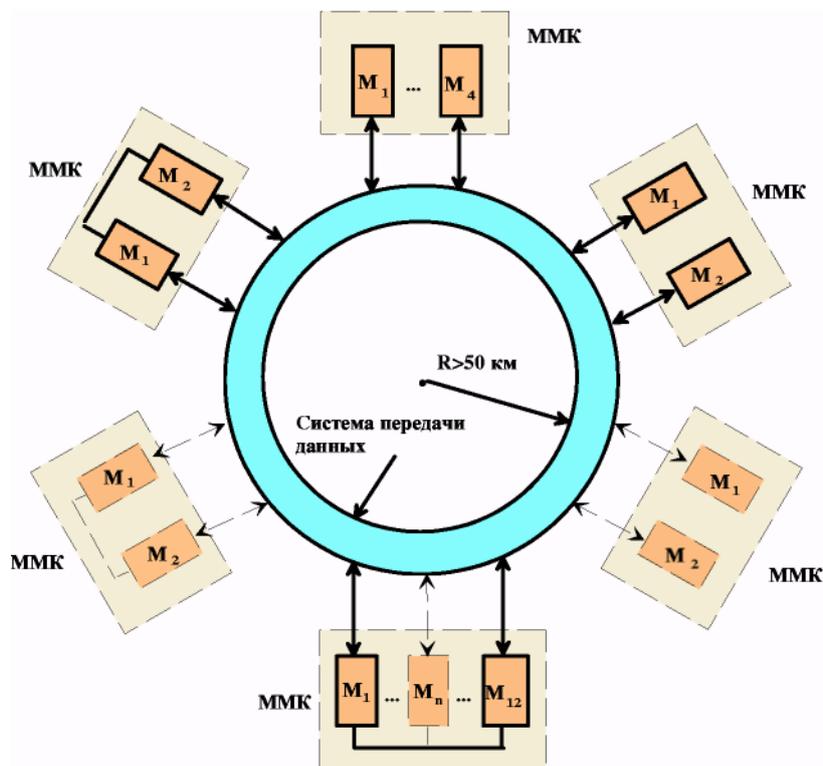


Рис. 3. Вычислительная сеть ПРО. ММК — многомашинный комплекс

ЭВМ М-20 хорошо зарекомендовала себя в эксплуатации и более десяти лет была основной ЭВМ общего назначения в СССР. М-20 была модернизирована (выполнена на полупроводниковой элементной базе), после чего она серийно выпускалась под названием БЭСМ-4 и М-220.

При создании штатных вычислительных средств ПРО особое внимание было уделено устойчивости их работы при сбоях и отказах. Вычислительная сеть штатной системы ПРО (рис. 3) имела протяженность несколько сот километров. Она состояла из вычислительных комплексов, каждый из которых был построен из идентичных боевых ЭВМ, обладающих полным пооперационным аппаратным контролем. Резервирование в комплексе обеспечивалось на уровне машин.

На рис. 4 показана структурная схема центрального 12 машинного комплекса системы ПРО со скользящим резервированием. На десять функционально работающих машин (М1-М10) предусматривалось две машины (М11-М12) для горячего резервирования, которые работали в режиме «подслушивания» и были готовы в течение

нескольких десятков миллисекунд заменить любую из вышедших из строя ЭВМ. Сигнал неисправности ЭВМ вырабатывался аппаратно системой пооперационного контроля каждой ЭВМ и посылался в систему прерывания всех машин.

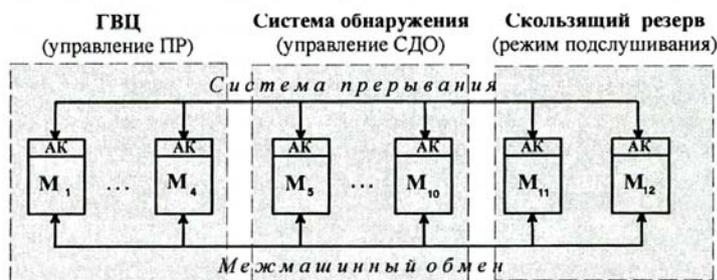


Рис.4. Система сквозного резервирования на уровне машин. М1 —М12 — универсальные ЭВМ 5Э926, АК — система аппаратного контроля

По межмашинному обмену, наряду с данными боевого цикла, передавалась необходимая экспресс-информация для ЭВМ, находящейся в резерве. Надо отметить тот факт, что резерв был общим и для ЭВМ, работающих в разных вычислительных комплексах.

Эти ЭВМ, под названием 5Э926, имели производительность 0,5 млн оп./с над числами с фиксированной запятой и ОЗУ объемом 32 тысячи 48-разрядных слов. Все основные устройства ЭВМ имели автономное управление, а управление внешними устройствами осуществлялось УВУ, имеющим довольно развитую специализированную систему команд. Серийный выпуск этих машин для управления различными стационарными средствами вооружения был начат с 1966 г. Машина была модернизирована в части введения арифметики с плавающей запятой и мультипрограммного режима. Модернизированная ЭВМ имела название 5Э51 и серийно выпускалась с 1967 г. для построения мощных вычислительно-информационных центров повышенной надежности. Благодаря автономной работе ее основных устройств, в первую очередь УВУ, эти машины успешно использовались при создании многомашинных комплексов с единой внешней памятью, состоящей из большого количества магнитных барабанов, дисков и лент. Структурная схема одного из таких комплексов для Центра контроля космического пространства (ЦККП), показана на рис. 5.

В это же время в ИТМ и ВТ на аналогичной полупроводниковой элементной базе создается универсальная ЭВМ БЭСМ-6 (рис.6), которая в течение двадцати лет широко использовалась

как основная быстродействующая ЭВМ в различных вычислительных центрах Советского Союза.

За счет оригинальной схемотехники и конструкции БЭСМ-6 имела производительность 1 млн оп./с, объем ОЗУ 32 тысячи 50-разрядных слов, АУ параллельного типа с плавающей запятой. Существенного увеличения производительности БЭСМ-6 удалось достичь за счет использования конвейерного принципа организации вычис-



Рис. 5. Многомашинная работа на единую внешнюю память. М1-М4 — ЭВМ 5Э51, УВУ — устройства управления внешними устройствами, ВУ — внешние устройства

лительного процесса и введения интерливинга в модульную память (интерливинг на 8 модулей). Для записи чисел были использованы регистры с ассоциативной выборкой (типа кэш).

Эффективная работа с виртуальной памятью обеспечивалась при аппаратной поддержке защиты памяти в многопрограммном режиме работ. С этой же целью был введен специальный привилегированный режим работы для отдельных блоков операционной системы [3]. На той же элементарно-конструктивной основе был разработан многомашиный комплекс АС-6, позволявший объединять ОЗУ нескольких машин в общую память высокопроизводительными каналами с пропускной способностью в 1,3 млн слов в секунду каждый. В комплексе предусматривался второй уровень коммутации внешних устройств посредством стандартизованных каналов производительностью 1,5 Мбайт/с. Для комплекса АС-6 был создан новый процессор с отличной от БЭСМ-6 системой команд. Система АС-6 была реализована в трех взаимно дублирующих вычислительных центрах обработки космической информации.

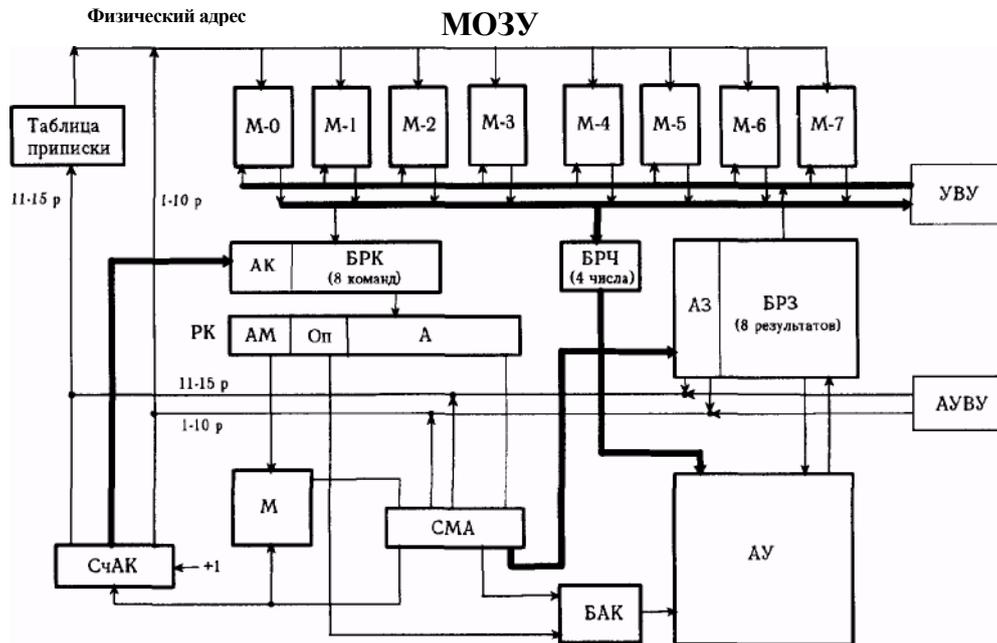


Рис. 6. Блок-схема центральной части машины БЭСМ-6. А — адрес операнда, АЗ — буфер адресов записи результатов, АК — буфер адресов выбранных команд, АМ — адрес регистра-модификатора, УВУ — устройство управления внешними устройствами, БАК — буфер команд, выполняемых в АУ, БРК — буферные регистры команд, БРЗ — буфер регистров результатов, БРЧ — буферные регистры чисел, М — регистры модификаторов, МОЗУ — магнитное оперативное запоминающее устройство, М-0-М-7 — модули оперативной памяти, РК — регистр команды, СМА — сумматор адреса, СчАК — счетчик адреса команд

Таким образом, С. А. Лебедев, как главный конструктор всех разработок, умело использовал финансовые и приоритетные возможности военных заказов, разрабатывая параллельно более дешевые высокопроизводительные ЭВМ гражданского применения.

В 1969 г. ИТМ и ВТ приступил к созданию серийной возимой вычислительной системы для противосамолетного комплекса С-300. Так как требовалась повышенная

устойчивость комплекса при работе в сложных климатических и вибрационных условиях, комплекс был реализован по модульному принципу с автономным аппаратным контролем каждого модуля. Резервирование комплекса осуществлялось не на машинном уровне, как это было в предыдущих комплексах, а на уровне модулей основных устройств ЭВМ, что значительно эффективнее.

ЭВМ 5Э26 (рис. 7) имела суммарную производительность процессоров 1 млн оп./с, арифметико логическое устройство (АЛУ) с фиксированной запятой с шириной слова в 35 разрядов, ОЗУ емкостью 32 Кбит. В дополнение к ОЗУ имела память команд (ПК) объемом 64 Кбит. ПК, реализованная на биаксах (ферритовых сердечниках с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями), работала без разрушения считываемой команды и обеспечивала хранение информации без расхода энергии. Общий объем ЭВМ составлял менее 2,5 м<sup>3</sup>, а потребляемая мощность имела значение порядка 5 кВт. Комплекс 5Э26, несмотря на достаточно низкую надежность ИС на первом этапе их производства ( $\lambda > 10^{-6}$ ), обеспечивал функциональную надежность не ниже 0,99 в самых тяжелых условиях большого перепада температур, повышенной влажности и тряски. При резервировании АУ и УУ два работают, один в резерве, стопроцентно резервируются ПК, ОЗУ и УВУ.

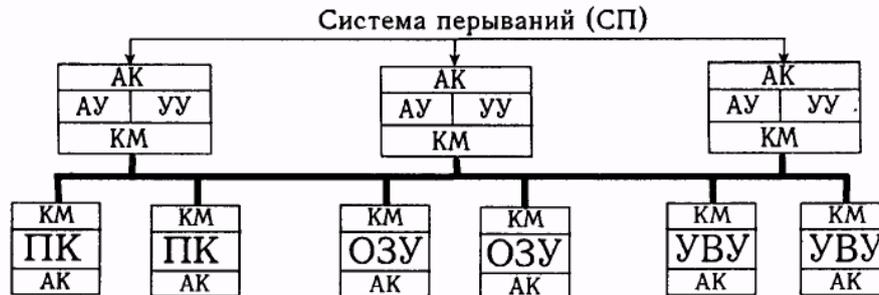


Рис. 7. Система резервирования на уровне модулей устройств возимой ЭВМ 5Э26. АУ — арифметическое устройство, УУ — устройство управления, ОК — пооперационный аппаратный контроль, ОК — разнесенный (по модулям) центральный коммутатор, ПК — не разрушаемая память команд, УВУ — устройство управления внешними устройствами, ОЗУ — оперативное запоминающее устройство

Естественным продолжением работ по многопроцессорной архитектуре ЭВМ было использование этого принципов модульности и масштабируемости для увеличения производительности создаваемых комплексов. При ограниченных возможностях элементной базы это был единственный путь повышения производительности комплексов.

Таковыми многопроцессорными комплексами стали МК «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2». Увеличение производительности многопроцессорных комплексов пропорционально числу центральных процессоров ограничивалось двумя факторами: пропускной способностью коммутатора между процессорами и ОЗУ и сложностью организации корректной работы сверхоперативной памяти типа кэш. Трудности, возникающие при решении этих двух проблем, существенно увеличиваются с ростом количества процессоров. Пропускная способность коммутатора «Эльбрус-2» достигала 2 Гбайт/с. В МК «Эльбрус-2» реализована такая схема корректности работы этого буфера, которая практически не замедляет работу комплекса и мало зависит от числа центральных процессоров [4].

Аналогичные схемы, используемые в современных комплексах фирмы Hewlett Packard (SPP-2000) и Silicon Graphics, существенно уступают по эффективности схеме МВК «Эльбрус-2».

На первом этапе был реализован 10-процессорный комплекс «Эльбрус-1» производительностью в 15 млн оп./с на элементно-конструкторской базе 5Э26 (на ТТЛ элементах с задержкой 10-20 нс на вентиль). На втором этапе был создан МВК «Эльбрус-2», производительностью 120 млн оп./с и с объемом ОЗУ 160 Мбайт, построенный на элементной базе типа Motorola 10000 с задержкой 2-3 нс на вентиль.

МВК «Эльбрус» (рис. 8) построен по модульному принципу и в зависимости от комплектации может включать необходимое количество центральных процессоров (1-10), модулей оперативной памяти (4-32), процессоров ввода-вывода (ПВВ) (1-4),

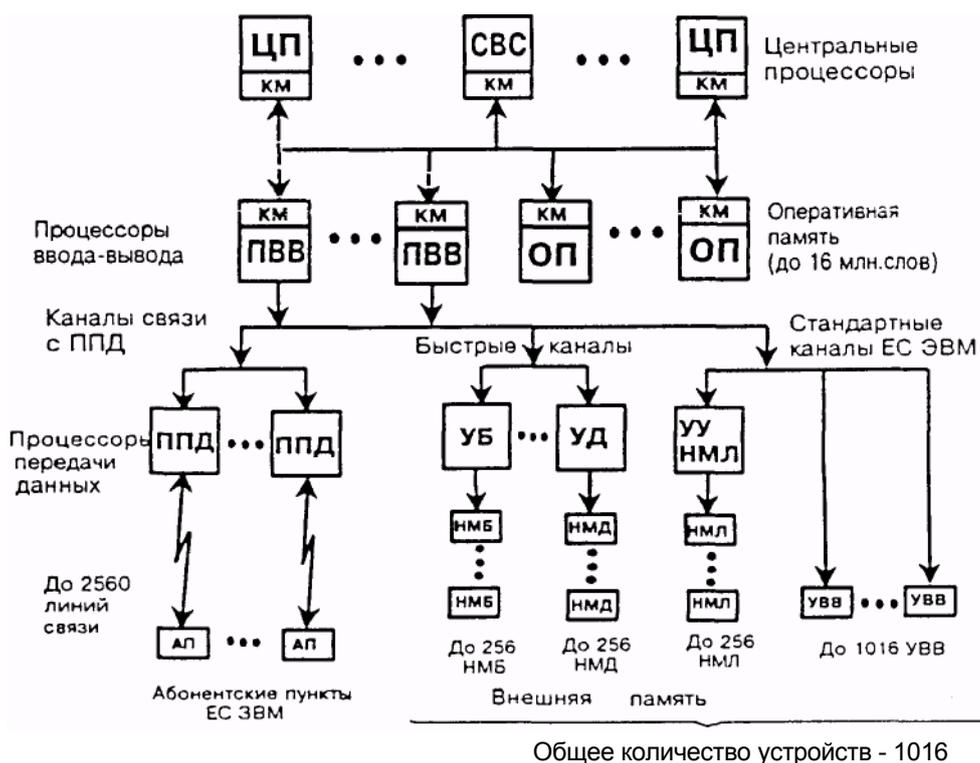


Рис. 8. Структура МВК «Эльбрус». ЦП — центральный процессор, ОП — оперативная память, КМ — коммутатор, обеспечивающий доступ каждого ЦП к каждому модулю ОП и ПВВ, ПВВ — процессор ввода-вывода, ППД — процессор передачи данных, УБ — устройство управления магнитными барабанами, УД — устройство управления магнитными дисками, УУ НМЛ — устройство управления магнитными лентами, НМБ — накопитель на магнитных барабанах, НМД — накопитель на магнитных дисках, НМЛ — накопитель на магнитной ленте, УВВ — устройства ввода-вывода

устройств внешней памяти (магнитных барабанов, дисков, магнитных лент), процессоров передачи данных (ППД) (1-16) и устройств ввода-вывода, подключенных либо непосредственно к ПВВ, либо через линии передачи данных посредством ППД. Компоненты комплекса, включая разнесенные по ним узлы центрального

коммутатора, имели стопроцентный аппаратный контроль и при появлении хотя бы одиночной ошибки в ходе вычислительного процесса выдавался сигнал неисправности. По этому сигналу операционная система производит реконфигурацию системы, и неисправный модуль исключается из работы. Описанная структура позволяет осуществить резервирование на уровне однотипных модульных устройств. Время подключения резервного модуля не превосходит 0,01 с, что обеспечивает бесбойную работу комплекса с заданной надежностью для всех боевых систем. МВК «Эльбрус-2» аппаратно реализует автокод, являющийся языком высокого уровня. Операционная система, включая диспетчер работы с внешними устройствами, имеет эффективную аппаратную поддержку. В качестве одного из центральных процессоров может быть подключен спецпроцессор с системой команд БЭСМ-6 или векторный процессор.

В 1980-1984 гг. в составе МВК «Эльбрус» на его элементно-конструкторской базе был разработан векторный процессор и в 1985 г. запущен в производство. Этот процессор развивал максимальную производительность более 200 млн оп./с, что говорит о целом ряде оригинальных архитектурных и схемотехнических решений, реализованных в нем (на элементной базе с задержкой 0,7 нс процессор Сгау 1 имел максимальную производительность на один конвейер 80 млн оп./с). К сожалению по ряду причин ни одного процессора изготовлено не было [10].

Были выполнены новые разработки школы С.А. Лебедева: «Электроника СС-БИС» («Красный Сгау») — главный конструктор академик В.А. Мельников [12], и вычислительная система «Эльбрус 3.1» на базе модульного конвейерного процессора (МКП) — главный конструктор А. А. Соколов [11]. Последняя разработка имела целый ряд оригинальных схемотехнических и архитектурных решений и аппаратно обеспечивала параллельную обработку нескольких независимых ветвей программы. Первые образцы были изготовлены и испытаны, но серийный выпуск их не был осуществлен.

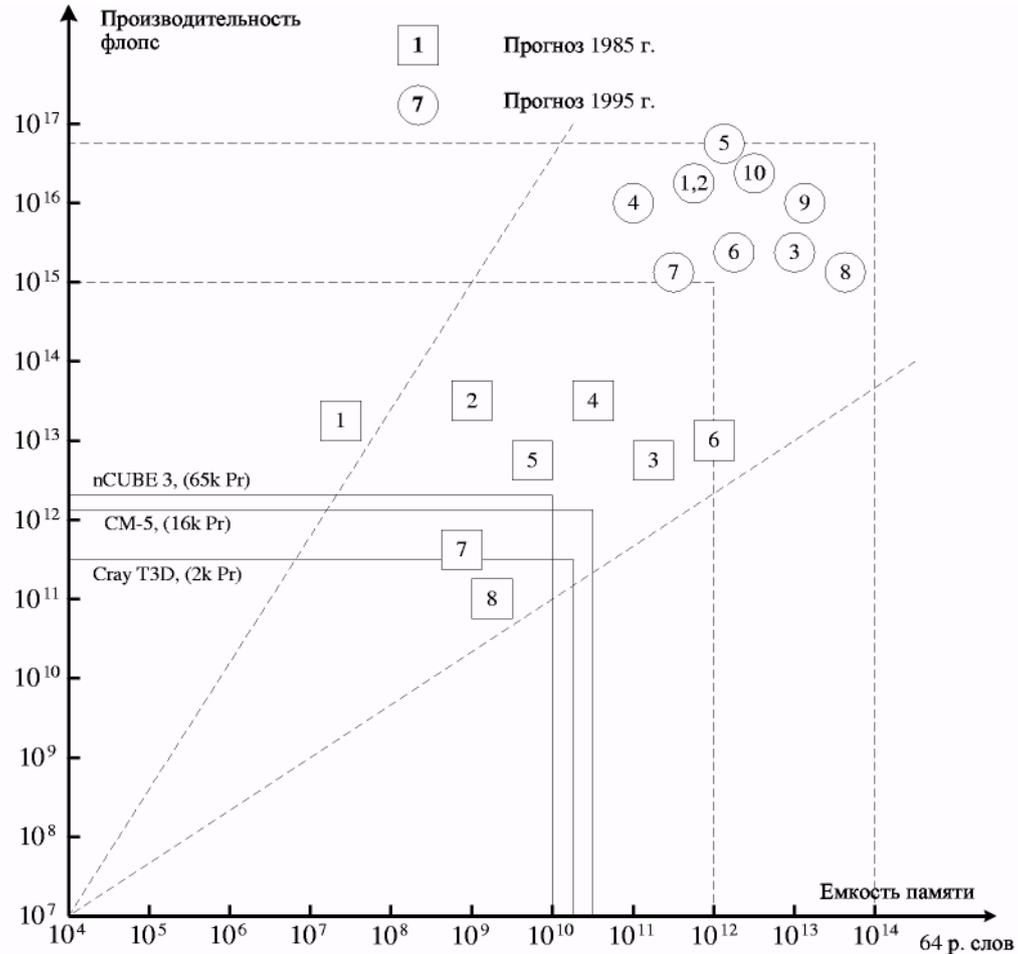
Основным направлением работы школы С.А. Лебедева, как уже упоминалось, было создание сверхвысокопроизводительных ЭВМ и комплексов. С.А. Лебедев не случайно выбрал такое направление разработок своего института. Он гениально предвидел, что сверхвысокопроизводительные ЭВМ и системы являются передовой линией развития всей вычислительной техники. Его предвидение оправдалось. Действительно, все передовые архитектурные и схемотехнические решения суперЭВМ используются в настоящее время в рабочих станциях и персональных компьютерах. Как видно из приведенных примеров, основным средством достижения высокой производительности является аппаратное распараллеливание вычислительных процессов: выполнение операций параллельно над всеми разрядами в БЭСМ, параллельная работа основных устройств ЭВМ в М-40 и М-20, параллельная работа модулей многомашинных комплексов и конвейеризация вычислительных процессов в 5Э926, БЭСМ-6 и АС-6, параллельная работа модулей многопроцессорных комплексов и конвейеризация вычислительных процессов в них в МВК «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2», в векторных процессорах МВК «Эльбрус-2», «Электроника ССБИС» и МКП [3, 4, 9, 10, 11, и 12].

Все эти архитектурные решения, разработанные школой С. А. Лебедева, широко используются во всем мире в создании современных вычислительных средств различного уровня, от рабочих станций до суперЭВМ.

В последнее время высказываются мнения о том, что время высокопроизводительных комплексов (суперЭВМ) прошло. Нисколько не унижая роль рабочих станций (РС) в развитии вычислительной техники, надо сказать, что на этих средствах, в какие бы замечательные локальные сети они не объединялись, решить все виды сложных задач не представляется возможным, так как имеется определенный спектр

вычислительных процессов, требующий высокой производительности при работе над большим объемом сильно связанных данных [21].

По мере увеличения общей производительности вычислительных средств увеличиваются требования и к высокопроизводительным вычислительным системам. Как видно из рис. 9, требования по производительности и памяти суперЭВМ с 1989 по 1995 гг. возросли на три порядка и достигли петафлопного диапазона. Именно над таким проектом работают ученые США. Поэтому говорить о том, что на-



- |   |  |
|---|--|
| 1. Аэродинамика-летательные аппараты  | 6. Трехмерная магнитогидродинамика       |
| 2. Моделирование технологий конструирования космических кораблей            | 7. Структурная биология                  |
| 3. Трехмерные сближения, столкновения и проникновение динамических объектов | 8. Трехмерные модели атмосферы и климата |
| 4. Модель климата атмосферы и океана  | 9. Экология                              |
| 5. Экономический анализ деятельности человека                               | 10. Применения в военных целях           |

Рис. 9. Динамика изменений требований к производительности и памяти суперЭВМ

правление, принятое С.А. Лебедевым, себя изжило, было бы ошибочным. Школа С.А. Лебедева в настоящее время имеет проект создания высокопроизводительного вычислительного комплекса на современном технологическом уровне 0,25 мкм, позволяющем достичь реальной производительности, сравнимой с производительностью самых мощных современных вычислительных систем. Отличительной особенностью этого проекта является обеспечение автоматического распараллеливания независимых вычислительных процессов от обработки векторов до выполнения скалярных операций. Новый принцип организации вычислительного процесса состоит в следующем.

Любой вычислительный процесс, как показано на рис. 10, может быть представлен в виде графа, в вершинах которого стоят операторы, производящие действия над данными, а данные по мере их обработки операторами по дугам перемещаются к следующим операторам. Таким образом, в отличие от принципа фон Неймана, где операторы и данные вызывались последовательно, в новой архитектуре осуществляется параллельная обработка данных по мере их поступления к операторам.

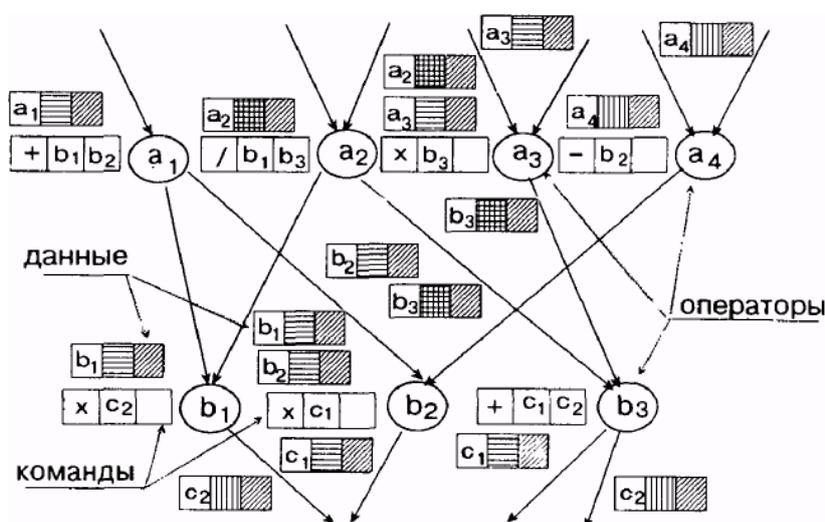


Рис. 10. Граф вычислительного процесса;  $a_{1,2,3,4}$ ;  $b_{1,2,3}$ ;  $c_{1,2}$  — адреса операторов

Команда новой машины состоит из указания вида действия над данными и указателя на следующий оператор (узел), к которому необходимо передать результат обработки. Данные же, в свою очередь, имеют указатели, к какому узлу поступить на дальнейшую обработку, и окраску, которая позволяет идентифицировать данные одного комплекта, поскольку одной и той же программой могут пользоваться несколько комплектов данных [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25].

Блок-схема новой суперЭВМ, отвечающей описанному выше принципу обработки данных, представлена на рис. 11.

Основной цикл работы такой машины сводится к следующему:

— после того как данные найдут себе пару и необходимую команду в ассоциативной памяти (АП), они поступают на коммутатор  $K_1$ , который передает их на любое свободное исполнительное устройство. Исполнительное устройство выполняет операцию в соответствии с указанием команды и результат вместе с адресом следующей команды отправляет на коммутатор  $K_2$ , который передает их в ассоциативную

память. В том случае, если в АП находятся данные с искомым ключом, то они считываются, и объединенный комплект данных (как правило два) выдается для выполнения следующего оператора на одном из исполнительных устройств. Считывание данного (или данных) из памяти в этом случае сопровождается его (или их) стиранием. Если же парного данного по ключу не найдено, то данное вместе с ключом записывается в свободную ячейку АП.

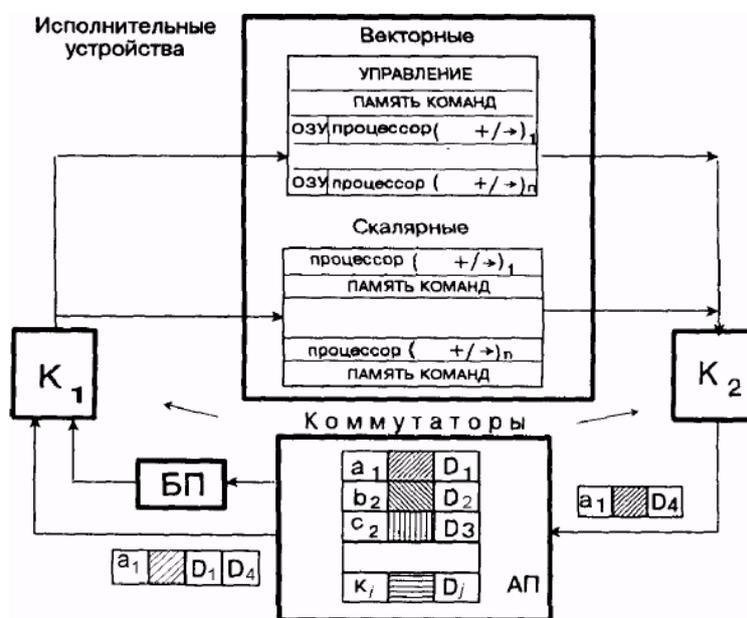


Рис. 11. Блок-схема машины. БП — буфер «пар», выбранных из АП

Произведенные оценки возможности реализации АП емкостью  $10^9$  слов и работающей с частотой 1 ГГц говорят о том, что АП является самым узким местом в системе. Поэтому в приведенной структуре суперЭВМ приняты следующие меры, позволяющие решить эту проблему:

- АП должна быть модульной, для чего введен коммутатор  $K_2$ ;
- введены специальные векторные исполнительные устройства, работающие со своей векторной оперативной памятью. В ассоциативной памяти хранятся только скаляры и описатели векторов;
- командная память выделена в отдельные блоки, не входящие в ассоциативную память;
- предложен целый ряд других архитектурных решений, направленных на уменьшение требований к объему АП.

Вторым сдерживающим фактором увеличения производительности такого суперпроцессора является пропускная способность бесконфликтных коммутаторов  $K_1$  и  $K_2$ . В настоящее время нами разработан оптоэлектронный коммутатор, обеспечивающий коммутацию любого канала с любым другим, имеющий пропускную способность в 10 Гбит в секунду [13, 14, 24].

Таким образом, построенный на существующей элементно-конструкторской базе комплекс может достигать петафлопной производительности при достаточно эффективном использовании оборудования. Аналогичные американские проекты

планируют достичь пентафлопной производительности не ранее 2005—2013 гг. на элементной базе с разрешающей способностью выше чем 0,05 микрон.

Дальнейшим развитием принципа параллельной обработки информации является разработанный нами проект сетевой машины, с использованием принципов организации смешанных вычислений, в которой наряду с данными преобразуется и сама программа.

Подводя итог, можно с уверенностью сказать, что школа академика С.А. Лебедева была и остается до настоящего времени на высоком мировом научном уровне развития вычислительной техники.

#### Список литературы

1. *Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах. — Киев, 1995.
2. Академия наук УССР. Библиография ученых Украинской ССР. Сергей Алексеевич Лебедев. — Киев: Наукова Думка, 1978.
3. *Королев Л. Н., Мельников В.А.* Об ЭВМ БЭСМ-6. Управляющие системы и машины. Отдельный оттиск. — Киев: Наукова Думка, 1976.
4. *Бурцев В. С.* Принципы построения многопроцессорных вычислительных комплексов «Эльбрус». Доклад на научно-техническом семинаре Многопроцессорные вычислительные комплексы. — М., 21-22 ноября 1977. Препринт № 1 за 1977.
5. *Лебедев С.А., Дашевский Л.Н., Шкабара Е.А.* Малая счетная машина. — М.: Изд-во АН СССР, 1952.
6. *Голубев О.В., Каменский Ю.А., Минасян М. Т., Пупков Б. Д.* Российская система противоракетной обороны (прошлое и настоящее — взгляд изнутри). — М.: Техноконсалт, 1994.
7. *Кисунько Г. В.* Секретная зона. — М.: Современник, 1996.
8. *Бакулев П.А., Сотский Н. М., Горохов Ю. И.* О некоторых работах в СССР по внедрению средств цифровой автоматики в радиолокацию и в радиотехнические комплексы управления летательным аппаратом.
9. *Бурцев В. С.* Анализ результатов испытаний МВК «Эльбрус-2» и дальнейшие пути его развития / Препринт ОВМ АН СССР № 208. — М., 1988.
10. *Бурцев В.С., Кривошеев Е.А., Асриэли В.Д., Борисов П.В., Трегубов К.Я.* Векторный процессор МВК «Эльбрус-2». СуперЭВМ / Сб. научных трудов ОВМ АН СССР. 1989.
11. *Бяков А.Ю., Кропачев Ю.А.* Модульный конвейерный процессор. Предварительное описание / Под общей редакцией Г. Г. Рябова. — М.: ИТМ и ВТ АН СССР, 1990.
12. *Мельников В.А., Митропольский Ю.И., Шнитман В.З.* Архитектура высокопроизводительной вычислительной системы «Электроника СС БИС-1» // Программные продукты и системы. 1992. № 1.
13. *Бурцев В. С.* Тенденции развития суперЭВМ. Оптические принципы обработки информации в архитектуре суперЭВМ / препринт ВЦКП РАН № 24. — М., 1992.
14. *Burtsev V.S., Fyodorov V. B.* Associative memory of new generation supercomputers based on optical information processing principles // Holography and Optical Information Processing. 1991. V. 1731, P. 201-216.
15. *Бурцев В.С.* Тенденции развития суперЭВМ. Вычислительные машины с нетрадиционной архитектурой суперЭВМ. — М.: Наука, 1990. Сб. 1. С. 3-26.
16. *Popadopoulos G., Culler D.* Monsoon: an Explicit; Token-Store Architecture // Sigarch Computer Architecture News. 1990. V. 18. No 2.
17. *Culler D.* The Explicit Token Store // Journal of Parallel and Distributed Computing. 1990. V. 10, P. 289-308.
18. *Popadopoulos G., Traub K.* Multithreading: A Revisionist View of Dataflow Architectures // Sigarch Computer Arch. News. 1991. V. 19. No 3.
19. *Бурцев В.С., Тарасенко Л.Г.* Использование микропроцессоров традиционной архитектуры в системе потока данных. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. — М., 1997. С. 121-139.

20. *Бурцев В. С.* Новые подходы к оценке качества вычислительных средств. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. — М., 1997. С. 28-40.
21. *Бурцев В. С.* О необходимости создания суперЭВМ в России. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. — М., 1997. С. 18-27.
22. Вычислительные машины с нетрадиционной архитектурой. СуперЭВМ / Сб. научных трудов ВЦКП. Вып. 2. — М., 1994.
23. *Бурцев В. С.* Выбор новой системы организации выполнения высокопараллельных вычислительных процессов, примеры возможных архитектурных решений построений суперЭВМ. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. — М., 1997. С. 41-78.
24. *Бурцев В. С.* Использование оптических методов обработки информации в архитектуре суперЭВМ. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. — М., 1997. С. 79-104.
25. *Бурцев В. С.* Особенности проектирования векторного исполнительного устройства в системе массового параллелизма с автоматическим распределением ресурсов. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ. — М., 1997. С. 140-147.

## Первые шаги автоматизации проектирования ЭВМ

*Г.Г. Рябов*

Создание первых отечественных универсальных ЭВМ под руководством академика С.А. Лебедева заложило инженерный базис в этой новой научно-технической области, выявило многоэтапность и сложность самого процесса разработки ЭВМ. Прохождение проекта ЭВМ через концептуальную, структурно-логическую и техническую фазы в течение длительного календарного срока, привлечение групп специалистов различного профиля, ищущих наилучшие решения в многомерной области «логика-элементы-конструкция» — все это уже достаточно четко определилось к концу 50-х годов в результате разработки БЭСМ АН СССР, БЭСМ-2, М-20, М-40.

Но оформление многих задач проектирования как задач прикладной математики произошло уже в следующем десятилетии и во многом соответствовало устремлениям молодых специалистов, пришедших в эти годы в Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР после окончания механико-математического факультета МГУ, МФТИ и других ведущих вузов страны.

На мехмате уже в эти годы, наряду с лекциями гениальных А. Н. Колмогорова, Л. С. Понтрягина, П. С. Александрова, читались первые курсы по основам вычислительной математики и программированию А.Н. Тихоновым, А.А. Ляпуновым, А. П. Ершовым. Определенный фундамент в этой новой области, если еще и не был создан, то, по крайней мере, создавался самым интенсивным образом. Обязательными были практикумы по вычислительным методам на легендарных электромеханических машинах «Рейнметалл».

И вот судьба распорядилась так, что целый ряд выпускников мехмата оказался в коллективе, возглавляемом академиком С. А. Лебедевым. Среди них были Е.А. Волков, Л.Н. Королев, А.Н. Томилин, Ю.М. Барабошкин, Д.Б. Подшивалов, А.М. Степанов, Г. Г. Рябов и другие.

Стоит более подробно остановиться на этом периоде, чтобы понять уникальность условий, которые в дальнейшем сыграли определяющую роль как в профессиональной судьбе многих из нас, так и в создании платформы для использования ЭВМ в широком спектре задач, связанных с разработкой и изготовлением самих ЭВМ.

Фундаментальные инженерные основы создания ЭВМ к этому периоду были заложены академиком С.А. Лебедевым и его ближайшими соратниками в серии

книг, содержащих детальное описание универсальных ЭВМ. Если первая БЭСМ не только проектировалась, но и монтировалась непосредственно в ИТМ и ВТ, то уже ее модификация БЭСМ-2 передавалась для изготовления на завод, и проблемы производства столь специфичных и сложных изделий стучались в дверь современного технического прогресса.

Программирование как наука тогда делало свои первые шаги. Уже были разработаны программы и по ним проведен ряд расчетов по актуальным задачам того времени. В оборонной области этот период можно характеризовать как начало поворота в сторону широкого использования электронно-вычислительной техники. Здесь, помимо традиционных расчетных задач, следует отметить постановку уже в эти годы грандиозной научно-технической проблемы — проблемы перехвата головных частей баллистических ракет. Все физические предпосылки решения этой задачи предопределили здесь в качестве основного управляющего режима режим автоматического управления в реальном времени от ЭВМ. Огромная теоретическая проработка с применением широкого арсенала средств прикладной математики (Главный конструктор системы Г. В. Кисунько) переходила в это время в стадию создания, как самих вычислительных средств, так и разработки программной системы реального времени.

Под руководством С.А. Лебедева и В.С. Бурцева была создана универсальная ЭВМ М-40, одна из самых быстродействующих машин того времени. На ее базе был разработан и изготовлен целый комплекс электронных средств управления системой удаленных объектов-локаторов, стартовых позиций и т. д. А задача создания управляющей программы для такого комплекса и была поставлена перед молодыми специалистами. По существу разрабатывалась модель сложнейшей распределенной системы объектов, управляемых в автоматическом режиме с учетом всех возможных отклонений от так называемых штатных режимов, а на ее базе само программное обеспечение.

Интересно привести следующие данные. В конце 1959 г., еще до полигонных испытаний, общая программа состояла из 10 тысяч команд, а к середине 1961 г. она насчитывала уже более 40 тысяч команд, причем доля новых чисто численных вычислений была относительно невелика, а программа просто пестрела многочисленными «условными переходами», реализуя сложную логическую задачу.

Решение этой сложной задачи реального времени, включающей не только численные расчеты, но и многие логические задачи, да еще на самых современных технических средствах, оказалось той школой, после которой можно было утверждать, что техническая и кадровая составляющие для постановки и решения задачи автоматизации проектирования ЭВМ в ИТМ и ВТ были подготовлены.

Уже в период интенсивных испытаний системы реального времени были начаты работы по разработке ЭВМ БЭСМ-6, и по инициативе академика С. А. Лебедева была поставлена задача моделирования логической структуры будущей машины на существующих ЭВМ. Эти работы были начаты А.Н. Томилиным. Поскольку уже тогда для решения подобных задач требовались значительные вычислительные мощности, как по быстродействию, так и по памяти, приходилось каждые сутки использовать большие интервалы ночного времени на инструментальной ЭВМ БЭСМ-2. Забегая вперед, следует признать, что результаты этого моделирования сыграли основополагающую роль в принятии структурных решений Главным конструктором БЭСМ-6 академиком С.А. Лебедевым и ведущими разработчиками.

В это время в США были начаты интенсивные работы, прежде всего на фирме ИБМ, по созданию серии ЭВМ ИБМ-360, предназначенной для широкого промышленного выпуска с использованием самых современных на то время технологий: полупроводниковых элементов и печатного монтажа. Материалы об этих работах

до определенного момента были закрытыми, но сама логика развития вычислительной техники и в нашей стране ставила аналогичные задачи. Существенным фактором, ускоряющим подготовку к решению таких задач, оказалось введение в строй в ИТМ и ВТ построенного технологического корпуса и развертывание в нем опытных технологий и производств. Целая плеяда талантливых ученых и инженеров, воспитанных академиком С.А. Лебедевым: А. А. Новиков, В.С. Чунаев, Г. И. Гришаков, Ю.С. Рябцев, Ф.П. Галецкий и др. закладывали основы передовых технологий в области вычислительной техники.

Совместная постановка актуальных задач, их формализация, подходы к возможным алгоритмическим решениям и применение решений непосредственно в создаваемых технологических линиях были одной из самых сильных сторон школы академика С.А. Лебедева.

В этот период создание ЭВМ с быстродействием, приближающимся к миллиону операций в секунду (ЭВМ 5Э926, Главный конструктор С.А. Лебедев, первый зам. Главного конструктора В.С. Бурцев) позволило развернуть на ней в 1963-1964 годах работы по решению задач маршрутизации на графах. К частному случаю решения таких задач сводилась задача трассировки печатного монтажа, к тому времени еще зарождавшемуся как технологический процесс. Академик С.А. Лебедев проявил большой интерес и к самому методу решения подобных задач, о чем можно было судить по его встречам с зарубежными учеными, которым он просил демонстрировать непосредственно выданные с ЭВМ результаты трассировки.

Завершающийся в этот период в ИТМ и ВТ разработки БЭСМ-6 и 5Э926, хотя и опирались на полупроводниковые элементы, в качестве основного элемента монтажа еще использовали навесной монтаж. А первой машиной, в которой применялись и интегральные схемы, и печатные платы, стала специализированная многопроцессорная ЭВМ 5Э26 для самых современных в то время комплексов ПВО.

К этому времени в двух отделах ИТМ и ВТ под руководством Л.Н. Королева и Б.А. Бабаяна велись работы в области автоматизации проектирования ЭВМ. Однако время диктовало очень жесткие условия темпов разработки и внедрения этих методов непосредственно в практику разработки и изготовления, прежде всего в заводских условиях. В связи с этим было принято решение о создании единого отдела с основной тематикой по автоматизации проектирования ЭВМ, который возглавил Г.Г. Рябов. Основной целью этого отдела было создание комплексной системы машинного проектирования, охватывающей этапы логического и технического проектирования и обеспечивающей текстовой документацией и управляющими перфолентами и магнитными лентами технологические линии производства узлов и блоков ЭВМ. Практически речь шла о машинном сопровождении всего жизненного цикла вычислительной машины.

В процессе создания и эксплуатации системы были поставлены и решены новые и важные проблемы:

1. Разработка языка для интерактивной отладки логических устройств на математических моделях (Г.Г. Рябов, Г.Л. Лакшин).
2. Разработка системы поэлементного моделирования проектируемых устройств, вплоть до процессора (Г. Л. Лакшин, В.Н. Конпкин, Ю.С. Коротаев).
3. Сведение задач компоновки с минимизацией внешних связей к задачам минимизации разрезов на гиперграфах (А.М. Степанов).
4. Реализация методов динамического программирования (метод ветвей и границ) в задачах размещения (Б.А. Бабаян, А. Л. Плоткин).
5. Решение задачи о назначениях для оптимальной компоновки объединительных панелей (В.С. Ирбенек).
6. Разработка методов трассировки в различных классах соединительных деревьев с учетом частотных ограничений (Г.Г. Рябов, Е. Г. Кречетов, Г. Л. Лакшин).

7. Разработка полного комплекта текстовой и управляющей машинной документации и методов ее хранения и сопровождения (О.К. Гушин, Б.М. Трофимов, Л.Н. Корнеев).

8. Общая структура системы и организация машинного архива текущей разработки (Б.А. Бабаян, О.К. Гушин, Г.Г. Рябов, А.М. Степанов).

Для эффективного использования системы не только в процессе проектирования, но и изготовления, выбор в этот период инструментальных ЭВМ был практически однозначным. ИТМ и ВТ и традиционный изготовитель ЭВМ, разработанных в ИТМ и ВТ, Загорский электромеханический завод, уже имели опытные образцы ЭВМ 5Э926, которые и были взяты как инструментальные машины.

Организационные решения, принятые в этом направлении руководством ИТМ и ВТ и ЗЭМЗ при большой поддержке Министерства радиопромышленности, даже сейчас могут порадовать своей масштабностью. В ИТМ и ВТ под эти работы были отведены две ЭВМ 5Э926, занимавшие отдельный машинный зал, а на ЗЭМЗ (директор В.А. Курочкин) был введен специальный двухэтажный корпус с установкой там также двух 5Э926 и организацией мощного отдела автоматизации в составе ОКБ завода (начальник отдела Л.Н. Корнеев).

Так был создан научно-технический мост между коллективами разработчиков и изготовителей не только для решения задач проектирования, но и для обмена информацией на любом уровне разработки и производства ЭВМ. С конца 60-х годов на базе этой системы автоматизации были разработаны и внедрены в производство следующие ЭВМ: 5Э26, 5Э65, многопроцессорные комплексы «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2», «Эльбрус-1КБ» и др.

К концу 70-х годов программное обеспечение системы достигло миллиона команд. Еще одна характеристика системы — количество изменений, внесенных в машинный архив разработки МК «Эльбрус-2» за период его проектирования, составило более 100 тысяч. Для коллектива разработчиков системы была исключительно важна высокая оценка, которую дал системе автоматизации академик Ю. Б. Харитон, посетивший центр автоматизации на ЗЭМЗ и представлявший одного из самых активных пользователей ЭВМ, разработанных в ИТМ и ВТ.

Следует отметить также и эффективность применения в ИТМ и ВТ и на Московском заводе счетно-аналитических машин (САМ) системы автоматизации проектирования (АПАС), разработанной на ЭВМ БЭСМ-6 для создания многомашинного информационно-вычислительного комплекса АС-6.

На всем протяжении своего творческого пути академик С.А. Лебедев глубоко проникал в сущность инженерных задач, решаемых в автоматизированной системе проектирования, был чужд всякой рекламной шумихе в стиле «ЭВМ создает себе подобных» и видел в автоматизации единение науки и промышленности.

Уже после кончины академика С.А. Лебедева развитие отечественной системы автоматизации проектирования позволило создать научно-технический мост между ведущими предприятиями двух самых мощных министерств в этой области — Министерством радиопромышленности (министр В. И. Шимко) и Министерством электронной промышленности (министр В.Г. Колесников). В тесном содружестве ИТМ и ВТ с НИИ молекулярной электроники и заводом «Микрон» (директор Г. Я. Красников) было освоено проектирование и изготовление по машинной документации большой серии заказных матричных БИС для «Эльбруса-2», «Эльбруса-3» и модульного конвейерного процессора (МКП), что позволило практически на порядок поднять надежность элементной базы.

Так прогрессивные методы машинной разработки стали неотъемлемой частью школы академика С.А. Лебедева, заложившего фундаментальные основы решения инженерных задач в области ЭВМ и сыгравшего ключевую роль в осуществлении кооперации научных учреждений и промышленных предприятий.

## **С. А. Лебедев и развитие математического и программного обеспечения вычислительных машин СССР**

*Л. Н. Королев, А.Н. Томили*

Целое семейство вычислительных машин, разработанных под руководством академика С. А. Лебедева, получившее название серии БЭСМ, создало реальные условия для появления нескольких отечественных школ, создававших программное обеспечение для этих оригинальных по своей архитектуре вычислительных машин.

Ни один из типов машин С. А. Лебедева не являлся копией какой-либо иностранной ЭВМ, и это по необходимости привело к тому, что возникшие вокруг этих машин программистские школы в своей деятельности отличались самобытностью и умением находить оригинальные подходы к решению теоретических и прикладных проблем программирования.

Это совсем не означает, что зарубежный опыт был игнорирован. Отечественные специалисты изучали этот опыт и брали на вооружение те идеи и методы, которые были перспективны и полезны в сфере их деятельности. Тем более, что в 50-60-х годах не было особых проблем доступа к иностранной научной литературе и периодическим изданиям в области математики, кибернетики и программирования. Примечательно, что резкое осуждение кибернетики как «лженауки загнивающего империализма» со стороны официальных философов разработчиками вычислительных машин и программистами никогда всерьез не воспринималось и не мешало им делать свое полезное и нужное для страны дело.

Становление программистских школ в Советском Союзе следует отнести к началу 50-х годов. В этот период появились небольшие по численности группы математиков, привлеченные к разработкам проектов вычислительных машин, проводившимся в небольшом числе проектных организаций и институтов в Киеве, Минске, Москве, Ленинграде, Пензе и ряде других городов. Каждая вновь разрабатываемая машина прежде всего требовала создания для нее программ вычисления элементарных функций. При этом необходимо было добиваться предельной эффективности их вычисления на данной конкретной архитектуре. Это требовало от математиков высокого уровня понимания деталей логики работы аппаратуры процессора. Возможно, что именно это явилось отличительной чертой отечественных школ программирования, чертой теснейшей их связи с инженерными разработками, которая определила в дальнейшем как достоинства, так и недостатки в работе этих школ.

Что касается достоинств особого внимания программистов к тонкостям архитектуры машин, то они состояли в том, что наши программы всегда были очень высокого качества по их эффективности, по максимальному использованию всех возможностей аппаратуры. Соответственно, при обучении программированию основное внимание уделялось методам повышения эффективности — экономии ресурсов памяти, экономии числа команд, выполняемых при реализации алгоритмов.

Что касается недостатков такого подхода, сказавшихся впоследствии, когда машины перестали быть уникальным произведением инженерного и программистского искусства, когда их выпуск стал массовым производством, то они заключались в недостаточном внимании со стороны наших разработчиков программного продукта к проблеме удобного интерфейса с пользователем.

Возможно, этим объясняется первоначальное (в середине 50-х — начале 60-х годов) увлечение разработкой автокодов и других аппаратно зависимых средств программирования.

Для машин типа М-20 — БЭСМ-4, которая также относится к семейству машин академика С.А. Лебедева, было разработано по крайней мере три системы «автокodирования» в ИПМ АН СССР, в МГУ, в СО АН СССР. Эти системы отличались мнемоникой задания кодов операций, методами кодирования адресных полей машинных команд и методами настройки программ при размещении их в памяти.

В это же время велись интенсивные работы по созданию систем библиотечных программ, отличавшихся друг от друга по правилам размещения их в оперативной памяти и по механизмам обращения к ним. В автокодах прямо учитывалась необходимость размещения библиотечных программ в любом месте оперативной памяти, и были разработаны механизмы настройки подпрограмм по адресам размещения. Следует отметить, что при проектировании архитектуры машин предусматривалась аппаратная поддержка механизмов обращения к подпрограммам (процедурам) и методов передачи параметров. Уже в машине БЭСМ-1 работал оригинальный аппарат обращения к подпрограммам, состоящий в том, что в состав устройства управления были введены два счетчика команд: один осуществлял выбор команд главной программы, а второй — начинал работать при переходе на подпрограмму. Возврат из подпрограммы осуществлялся включением в работу первого счетчика, автоматически сохранявшего адрес главной программы. Механизм двух счетчиков команд стал применяться в архитектурах некоторых современных процессоров, правда, для другой цели — накопления команд двух ветвей программы.

С середины 50-х годов во всех странах, производивших вычислительную технику, начался процесс «языкотворчества» — создание проблемно-ориентированных языков. Сложной задачей для системных программистов того времени было создание трансляторов для конкретных типов машин. Создание каждого транслятора с машинно-независимого языка программирования считалось крупным научным и практическим достижением. Большое число различных типов машин и различных языков требовало большой работы высококвалифицированных программистов и математиков по созданию трансляторов. Соответственно, возникла необходимость создания небольшого числа стандартизированных языков и программно-преемственных семейств вычислительных машин. Это потребовало глубоких теоретических исследований в теории алгоритмов, схем программ, теории формальных грамматик.

В начале 60-х годов был опубликован алгоритмический язык Алгол-60, рекомендованный в качестве международного стандарта для публикаций вычислительных алгоритмов. В нашей стране Алгол-60 был принят в качестве государственного стандарта. Использование других языков для программирования вычислительных задач не рекомендовалось и это касалось даже широко применявшегося за рубежом более простого языка Фортран.

После этого в нашей стране началась разработка трансляторов с Алгола-60 для нескольких типов машин. Попытки создать транслятор с полного языка Алгол-60 за рубежом не удались. В ИПМ такой транслятор был создан для машины «Стрела», а затем для машины М-20, что явилось достижением мирового уровня.

Новый этап (конец 60-х — начало 70-х годов) в развитии программистских школ нашей страны связан с появлением машины БЭСМ-6. В архитектуре этой машины было сделано много для аппаратной поддержки операционных систем, а именно аппаратная поддержка виртуальной памяти, защита памяти, развитая структура двухуровневой системы прерываний, защищенный супервизорный режим и т. п. Все эти характеристики являются неотъемлемым признаком современных процессоров, но во времена создания БЭСМ-6 все это было необычным и новым. В данной статье мы не будем рассказывать о других замечательных аппаратных особенностях машины БЭСМ-6, которые позволили ей поставить рекорд по критерию стоимость-производительность.

Первая операционная система для БЭСМ-6 была разработана в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР, в котором проектировалась эта уникальная вычислительная машина. Разработчиками она называлась диспетчером, известным под именем Д-68. По современным понятиям Д-68 являлся ядром операционной системы, обеспечивавшим: мультипрограммный режим пакетной обработки заданий, управление виртуальной памятью, управление внешними запоминающими устройствами и многочисленными устройствами ввода-вывода.

Государственная комиссия принимала машину БЭСМ-6 в комплексе с ее программным обеспечением, что явилось новым прецедентом приемки вычислительной техники. Раньше государственные комиссии принимали отдельно аппаратуру и программное обеспечение. Начиная с БЭСМ-6, пользователю поступали машины, уже оснащенные программным обеспечением.

Справедливости ради следует отметить, что операционная система Д-68 к моменту предъявления Государственной комиссии не полностью отвечала техническому заданию на ее разработку. Отвечавший за комплекс в целом, Главный конструктор С.А. Лебедев настоял на том, чтобы сами разработчики Д-68 перечислили все имеющиеся недоработки в операционной системе, хотя о многих из них вполне можно было бы умолчать. Этот эпизод еще раз характеризует принципиальность С.А. Лебедева в отношении оценки достоинств и недостатков своего детища. Государственная комиссия приняла комплекс в целом, предложив к назначенному сроку устранить отмеченные разработчиками недостатки, что и было сделано.

В разработке программного обеспечения ЭВМ наиболее трудоемкой и ответственной частью является создание ядра операционной системы (ОС). Если учесть, что в то время в нашей стране не было опыта разработки ОС, а зарубежным опытом нельзя было воспользоваться, поскольку БЭСМ-6 не являлась копией ни одной машины, то будет понятна значимость успехов в создании отечественных ОС. Было доказано, что не боги горшки обжигают и ОС могут разрабатывать отечественные программисты.

После появления у пользователей нескольких ведущих институтов машины БЭСМ-6 и ОС Д-68, их программистские коллективы начали разработку собственных ОС, с их точки зрения более адекватно отражавших использование вычислительной техники в их институтах. Сейчас представляется, что дублирование работ по созданию различных ОС для машины одного типа на самом деле было полезным, прежде всего тем, что на этих работах выросли специалисты системного программирования высочайшей квалификации и оформились известные в нашей стране школы ИПМ им. М.В. Келдыша, ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева, Новосибирская школа, возглавлявшаяся А.П. Ершовым, школа ОИЯИ (Дубна), которой руководил Н. Н. Говорун, школа в НИВЦ МГУ, а также ряд других школ, включая ядерные центры страны.

В результате одновременно в эксплуатации находились: ОС Д-68, ОС ИПМ, ОС ДИСПАК, ОС ДУБНА, НД-70. Возможно, здесь не упоминаются и другие варианты и версии ОС для БЭСМ-6, которые не нашли широкого распространения, хотя и обладали многими достоинствами.

Существенное влияние оказал «Диспетчер-68» и на разработку в ИТМ и ВТ операционной системы реального времени для БЭСМ-6 ОС НД-70 («Новый диспетчер-70») с развитыми средствами организации параллельных вычислений (соподчинение задач, аппарат параллельных процессов) и возможностью организации работы БЭСМ-6 в многомашинном вычислительном комплексе. В центрах управления полетами космических аппаратов на базе ОС НД-70 были созданы и в течение двадцати лет активно использовались для обеспечения управления полетами несколько больших баллистических и телеметрических программных комплексов реального

времени. Вслед за НД-70 средства организации параллельных процессов были введены в ОС ДИСПАК для ЭВМ БЭСМ-6, что позволило программным комплексам реального времени базироваться и на этой ОС.

При разработке ОС ИПМ авторы широко использовали принятые в обществе механизмы взаимодействия для организации взаимосвязи между задачами и процессами. Все задачи рассматривались как члены коллектива (community), которые могут вступать друг с другом в различные отношения от совершенной изоляции до полного разделения всех ресурсов. Каждый ресурс (память, файл, устройство) имел своего хозяина, который мог его отдавать или сдавать в аренду любой другой задаче, оговаривая соответствующие права использования, в том числе и право дальнейшей передачи в аренду. При этом хозяин мог закрывать, а мог и не закрывать от себя арендуемый ресурс, что поддерживалось широким спектром средств синхронизации процессов. Обмен сообщениями между задачами обладал всеми особенностями почтовых отправок, включая уведомление о вручении.

Каждая задача могла открывать до восьми процессов, в том числе два специальных высокоприоритетных процесса для обработки сообщений и внутренних прерываний (аварийных ситуаций). Для управления процессами использовался аппарат событий, а также прямые команды открытия, закрытия, прерывания и пуска. Одни задачи могли вызывать другие, выстраивая таким образом деревья подчинения произвольной глубины. ОС ИПМ органично включала в себя систему программирования, что позволило довольно легко обеспечить такие свойства, как шаговая трансляция и отладка в терминах языка. Большинство трансляторов были написаны на языке АЛМО (аналог языка Си), и использовали его в качестве выходного языка. Это позволило сначала раскрутить и отладить их на машине М-220, а затем (в 1969 г.) перенести на БЭСМ-6 в среду ОС ИПМ, что избавило разработчиков трансляторов и операционной среды от многих излишних взаимных претензий. Достаточно устойчивая производственная версия ОС ИПМ начала функционировать в 1970 г.

ОС Д-68, впрочем, как и другие ОС БЭСМ-6, в ходе эксплуатации расширял свои возможности в части услуг, предоставляемых пользователям. Такие системы как ПУЛЬТ, МУЛЬТИДОСТУП, ДИМОН (диалоговый монитор) обеспечивали режим многопультного доступа к машине с удаленных терминалов. Появились также системы отладки программ в терминах входного языка, обеспечивающие связь задачи пользователя с терминалами; система для редактирования файлов и запуска задач в решение с удаленных пультов. К началу 70-х годов в состав программного обеспечения БЭСМ-6 входили все основные универсальные языки программирования: АЛГОЛ-60, ФОРТРАН, ЛИСП. Первый транслятор с языка Фортран для БЭСМ-6 был разработан в 1969 г. в ОИЯИ в Дубне. Этот транслятор затем был включен в Мониторную систему «Дубна». В различных организациях использовалось несколько вариантов трансляторов с языков, генерирующих программы разной степени эффективности, в том числе оптимизирующие трансляторы с языков АЛГОЛ-60 и ФОРТРАН и компилятор с языка ЛИСП. В состав программных средств машины БЭСМ-6 входил спектр проблемно-ориентированных языков СИМУЛА-67, ГРАФОР, ГРАФАЛ, язык типа EPSILON и ряд других узко специализированных языков. Для построения диалоговых систем использовались пошаговые трансляторы с некоторых других языков. По критериям своего времени программное обеспечение БЭСМ-6 было наиболее развитым в сравнении с обеспечением других машин отечественного производства и по принципиальным возможностям не уступало программному обеспечению многих зарубежных машин.

В состав математического обеспечения БЭСМ-6 входили высокоуровневые системы управления заданиями и системы управления данными, дающие в руки системных программистов удобные средства повышения эффективности использования вычислительной машины в различных режимах эксплуатации. Эти средства входили

в состав двух широко используемых, дополняющих друг друга операционных систем: ДИСПАК и ДУБНА (ДД). Так многоязыковая Мониторная система «Дубна» для БЭСМ-6 (1970 г.) обеспечивала управление заданиями, создание и использование многоуровневых библиотек программ. В систему входила библиотека программ общего назначения, совместимая с библиотекой Европейского центра ядерных исследований CERN.

ОС ДИСПАК предназначалась для управления режимом пакетной и дистанционной пакетной обработки, ОС ДУБНА — «фортрано-ориентированная» операционная система, которая использовалась в центрах обработки данных физического эксперимента. Родоначальником этих двух ОС явилась операционная система Д-68. Обе операционные системы ДИСПАК и ДД сохраняли преемственность в отношении своего родоначальника.

Для машины БЭСМ-6 было разработано большое количество пакетов прикладных программ, с помощью которых были решены задачи наиболее передовых направлений научно-технического прогресса. Был накоплен огромный фонд программ пользователей и опыт его эксплуатации. Можно вполне определенно сказать, что на базе БЭСМ-6 был создан «золотой фонд» программного обеспечения, значение которого трудно переоценить.

В 70-х годах в ИТМ и ВТ впервые была создана распределенная ОС многомашинного комплекса, обеспечивающая сетевое взаимодействие вычислительных процессов в ЭВМ комплекса, а также с процессами в глобальных сетях ЭВМ и использование внешних устройств всех ЭВМ в любых вычислительных процессах, выполняющихся в комплексе. Была фактически обеспечена работа «конвейера ЭВМ», предназначенного для обработки в режиме реального времени больших потоков информации о полетах космических аппаратов.

Все эти разработки, в особенности для ЭВМ БЭСМ-6, которая более десяти лет оставалась самой высокопроизводительной машиной в стране, и для многомашинного вычислительного комплекса реального времени АС-6, обеспечившего развитую обработку информации в центрах управления космическими полетами, во многом определили дальнейшие направления и характер исследований в отечественном системном программировании. За время эксплуатации нескольких сотен БЭСМ-6 была накоплена уникальная библиотека программ, которая стала беспрецедентным интеллектуальным богатством страны.

Велика роль С. А. Лебедева в области создания математического обеспечения. Она не сводилась только к тому, что его машины стали объектами приложения усилий нескольких групп системных программистов. С.А. Лебедев одним из первых понял значение системного программирования, значение совместной работы программистов-математиков и инженеров по созданию вычислительных систем, включающих как неотъемлемую часть программное обеспечение, состав и качество которого определяет удобство использования и эффективность работы комплекса в целом. По инициативе С. А. Лебедева в Институте точной механики и вычислительной техники была создана лаборатория математического обеспечения, выполнявшая разработку системного программного обеспечения для всех вычислительных систем, создаваемых в ИТМ и ВТ — ЭВМ БЭСМ-6, многомашинного информационно-вычислительного комплекса АС-6, ЭВМ серии «Эльбрус», ЭВМ специального назначения.

Математики-программисты приняли полноценное участие в разработке архитектур создаваемых машин, математическом моделировании их структурной организации, создании систем автоматизации проектирования ЭВМ. Так, все схемы БЭСМ-6 по инициативе С. А. Лебедева были записаны формулами булевой алгебры, что открыло широкие возможности для автоматизации проектирования и подготовки монтажной и производственной документации. Она выдавалась на завод в виде таблиц, полученных на «инструментальной» ЭВМ БЭСМ-2. В разработке БЭСМ-6

были впервые применены методы проектирования и описания, которые в дальнейшем стали широко использоваться при создании новейших суперЭВМ. К ним прежде всего следует отнести имитационное моделирование процессов работы машины, способствующее выбору оптимальных структурных решений, представление схем алгебрологическими выражениями, обеспечивающее их обзорность и простоту понимания.

Выше сказанное сейчас выглядит как прописные истины, но в годы становления вычислительной техники далеко не у всех было такое понимание важности системного программного обеспечения и самого системного программирования.

Следует напомнить, что под руководством С. А. Лебедева в ИТМ и ВТ проектировались не только универсальные машины, но и ЭВМ специального назначения, которые использовались в качестве главного управляющего звена в целом ряде крупных оборонных систем. Программирование систем жесткого реального времени является одной из самых сложных задач системного программирования, с наиболее высокой ценой каждой допущенной ошибки, которые, тем не менее, проявлялись даже при натуральных испытаниях. Характерна реакция С. А. Лебедева на подобного рода ситуации. Он всегда старался успокоить возмущавшихся смежников, оградить программистов от жестких нападков с их стороны, прекрасно понимая сложность работы по разработке подобного рода программ, создавал условия, позволявшие в спокойной обстановке разобраться, в чем дело, и тем самым исправить допущенные ошибки, сводя к минимуму моральный и материальный ущерб. Заботливый учет человеческого фактора, касавшийся в равной степени инженеров-электронщиков и программистов-математиков, во многом содействовал успехам тех и других в достижении поставленных целей разработок и экспериментов.

В состав коллективов, получавших те или иные поощрения и премии за успешно выполненные работы, С.А. Лебедев включал математиков-программистов, подчеркивая тем самым их значимость в деле внедрения вычислительной техники. В те времена не всеми главными конструкторами вычислительных машин соблюдался этот справедливый принцип.

Не удивительно поэтому, что огромное уважение и любовь к гениальному разработчику ЭВМ С.А. Лебедеву испытывают не только многочисленные его ученики-электронщики, но и программисты-математики, многие из которых, включая авторов, также считают себя его учениками <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> При освещении конкретных разработок системного программного обеспечения авторы не упоминают коллективы разработчиков и их руководителей в связи с желанием более концентрированно отразить становление основных направлений создания системного программного обеспечения ЭВМ в нашей стране и историческую роль академика Сергея Алексеевича Лебедева в их инициации и поддержке.

## Раздел 4

# ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СОЗДАННЫЕ С. А. ЛЕБЕДЕВЫМ И УЧЕНЫМИ ЕГО ШКОЛЫ

### Вступление

Трудно переоценить научный и практический вклад С.А. Лебедева в развитие управления мощными энергетическими системами. Его работы и теоретические исследования в этой области известны мировой общественности по целому ряду докладов на конференциях и по публикациям. В то же время основное наследие ученого — это работающие, серийно выпускаемые поколения электронных высокопроизводительных вычислительных машин и систем.

С.А. Лебедев является родоначальником электронной вычислительной техники в нашей стране. Им создано три поколения ЭВМ и мощных вычислительных систем. Первое из них — ламповые ЭВМ (МЭСМ, БЭСМ, М-20 и др.), второе — полупроводниковые ЭВМ (БЭСМ-6 и др.), и третье — машины и системы с использованием интегральных схем (ИС) и матричных БИС (ЭВМ 5Э26, МВК Эльбрус-2 и др.).

С. А. Лебедев создавал электронные вычислительные комплексы для решения как научных и народно-хозяйственных проблем, так и задач повышения обороноспособности нашего государства. Все разработки в то время носили закрытый характер и любые публикации о них жестко ограничивались. Основные характеристики ЭВМ и вычислительных систем, созданных С.А. Лебедевым и его коллективом, можно считать «обобщенной» характеристикой трудов Сергея Алексеевича и созданной им научной школы.

С. А. Лебедев является инициатором внедрения дискретной электронной вычислительной техники в радиолокацию, ракетостроение и систему передачи данных. По его инициативе впервые в СССР, а возможно и в мире, произведены работы по снятию данных с радиолокационных станций сопровождения целей в цифровом виде и передаче управляющей информации для наведения самолета на цель.

Преимущества дискретной вычислительной техники в системах военного применения были впервые продемонстрированы под руководством С.А. Лебедева в «Системе А» — экспериментальной системе противоракетной обороны. В ее состав входили ЭВМ М-40, радиолокаторы обнаружения и сопровождения цели, радиорелейные линии передачи данных в замкнутой системе точного наведения, система контрольно-измерительной аппаратуры и др.

Невольно возникает вопрос, как мог один человек создать и внедрить в серийное производство целых три поколения вычислительной техники гражданского и военного применения. Основой столь высокой эффективности его деятельности, безусловно, являются понимание основополагающих принципов развития столь сложного направления человеческой деятельности, как электронная вычислительная техника, глубокий теоретический анализ выполняемых проектов. Ошибка в научно-техническом решении рано или поздно даст о себе знать, приведет ко многим не нужным тратам. Отсюда чрезвычайно высокие требования к Главному конструктору и разработчикам выполняемого проекта — никаких политизированных

решений, проект должен быть от начала и до конца осмыслен во всех деталях. Никаких сверхреволюционных решений. Возможно, С. А. Лебедев был по-хорошему консервативен, тщательно обдумывал все аспекты проблемы и в результате не имел практически ни одного проекта «в корзину». Все его разработки были внедрены в серийное производство. С. А. Лебедев очень точно определил направление развития вычислительной техники. Ее передовым фронтом он считал высокопроизводительные вычислительные системы.

Многое пришлось выдержать С. А. Лебедеву в процессе внедрения новых поколений ЭВМ от высокопоставленных чиновников, пытавшихся своими решениями «помогать» делу. Сергей Алексеевич отстоял основное направление работы ИТМ и ВТ — высокопроизводительные вычислительные системы, несмотря на то, что ИТМ и ВТ предлагали главную роль в стране по разработке вычислительной техники на базе ЕС ЭВМ. С.А. Лебедев считал, что развитие вычислительной техники определяют сверхвысокопроизводительные системы и страна должна иметь самостоятельное направление в этой области.

В результате были созданы такие замечательные высокопроизводительные системы, как БЭСМ-6, 5Э26, АС-6, МВК Эльбрус и др. Одним из принципов С. А. Лебедева было постепенное наращивание параллелизма обработки информации. Так, например: в БЭСМ — параллельная арифметика, в М-20 — параллельная выборка команды и работа арифметического устройства, в М-40 — параллельная работа оперативной памяти, арифметического устройства и управления внешней памятью, в БЭСМ-6 — полный параллелизм и конвейеризация работы устройств.

Этот принцип Сергея Алексеевича был полностью воплощен в жизнь и при создании ЭВМ третьего поколения: 5Э26 — модульная многопроцессорная система с целью обеспечения надежности с помощью резервирования модулем и освоение новой элементно-конструкторской базы с использованием ИС; МВК Эльбрус-1 — модульный масштабируемый вычислительный комплекс, обеспечивающий распараллеливание процессов вычислений на уже созданной элементно-конструкторской базе; МВК Эльбрус-2 — архитектура МВК Эльбрус-1, с повышением производительности за счет внедрения новой высокопроизводительной элементной базы.

С.А. Лебедев был убежден, что в разработках ЭВМ должна использоваться отечественная элементно-конструкторская база. ИТМ и ВТ был первым заказчиком дискретных интегральных и больших интегральных схем в Министерстве электронной промышленности. Отставание в технологии компенсировалось передовыми схемотехническими и архитектурными решениями. Поэтому только дилетанты могут говорить, что мы отставали в области вычислительной техники. Мы раньше, чем американцы, более чем на 20 лет, с использованием нашей вычислительной системы, построенной в 1959 г., сбили баллистическую ракету. Мы имеем лучшую в мире противосамолетную систему, построенную на отечественной вычислительной технике. БЭСМ-6 была одной из лучших в мире ЭВМ по архитектурным и схемотехническим решениям. МВК Эльбрус-2, спроектированный на отечественной элементной базе, по производительности на скалярных операциях был сопоставим с лучшими зарубежными образцами высокопроизводительных ЭВМ.

Целый ряд архитектурных и схемотехнических решений, реализованных в наших ЭВМ, являются передовыми и по сей день. В этом разделе описываются важнейшие разработки в области электронной вычислительной техники, в которых принимал непосредственное участие С.А. Лебедев и которые составляют основу научного наследия этого выдающегося ученого.

В этом разделе, к сожалению, из-за ограничения объема книги мы не смогли представить все разработки, выполненные школой С.А. Лебедева. Поэтому было принято решение описать те ЭВМ и вычислительные комплексы, которые были изготовлены, отлажены и прошли хотя бы заводские испытания.

## МЭСМ

Руководитель разработки — академик Академии наук УССР С.А. Лебедев.

Участники создания МЭСМ: Л.Н. Дашевский, Е.А. Шкабара, С. Б. Погребинский, Р. Г. Оффенгенген, А. Л. Гладыш, В. В. Крайницкий, И. П. Окулова, З.С. Рапота, Л. А. Абальшникова, М. А. Беляев, Е. Б. Ботвиновская, А. А. Дашевская, Е. Е. Дедешко, В.А. Заика, А.И. Кондалев, И.М. Лисовский, Н.А. Михайленко, Ю.С. Мозыра, И.Т. Пархоменко, Т.И. Пецух, М.М. Пиневиц, З.Л. Рабинович, А.Г. Семеновский, Н.И. Фурман, Р.Я. Черняк.

В 1948—1951 гг. в Киеве в лаборатории моделирования и вычислительной техники Института электротехники АН УССР под руководством академика Сергея Алексеевича Лебедева была создана первая советская малая электронная счетная машина (МЭСМ) — прототип современных ЭВМ. Созданием МЭСМ было положено начало развитию отечественной вычислительной техники.

При создании проекта МЭСМ в 1947 г. С. А. Лебедевым были независимо от работ Дж. фон Неймана сформулированы основные принципы построения архитектуры ЭВМ:

- в состав ЭВМ должны входить арифметическое устройство, память, устройство управления и устройство ввода-вывода;
- программа в машинных кодах должна храниться в той же памяти, что и числа;
- для представления чисел и команд должна применяться двоичная система счисления;
- вычисления должны выполняться автоматически в соответствии с программой, хранящейся в памяти;
- логические операции должны выполняться наряду с арифметическими операциями;
- память машины должна быть организована по иерархическому принципу.

К ноябрю 1950 г. монтаж действующего макета первой отечественной ЭВМ был завершен и началась его проверка путем решения тестовых и ряда простейших народно-хозяйственных задач.

МЭСМ была трехадресной синхронной ЭВМ с быстродействием 50 арифметических или логических операций в секунду. Время выполнения операций — 17,6 мс (за исключением операции деления — 20,8 мс). По предложению С.А. Лебедева в сумматоре была реализована цепочка сквозных переносов. Команды и числа представлялись словами с фиксированной запятой длиной 17 двоичных разрядов. Универсальное арифметическое устройство (АУ) реализовывало все элементарные арифметические и логические операции и включало накапливающий сумматор и два регистра на триггерах. Связанное с ним оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) с частотой выборки 5 кГц было рассчитано на запись 31 числа и 63 команд. Память команд и констант была расширена за счет штеккерного долговременного запоминающего устройства (ДЗУ), на котором осуществлялся ввод и хранение 31 числа и 63 команд.

Выбор ОЗУ на ламповых триггерных схемах, содержащего 2500 триодов и 1500 диодов, predeterminedил последовательную систему подачи кодов чисел. Команды условных переходов, изменение масштабов чисел, контроль исправности устройств реализовывались программно. Машина останавливалась при переполнении разрядной сетки. Преобразование двоичных кодов в десятичные было реализовано схемно. Потребляемая мощность составляла 25 кВт.

МЭСМ была универсальной ЭВМ. Всего машина имела 13 команд (4 арифметические операции, операции сравнения, сложения кодов команд, команд переключения с ДЗУ на ОЗУ, вывода на печать, остановка и др.).

В процессе опытной эксплуатации макета, включавшей решение важных научно-технических задач и доказавшей не только жизнеспособность, но и острую актуальность машины в условиях начинавшейся научно-технической революции, выяснилась необходимость введения ряда усовершенствований. Разрядность команд была увеличена до 21 двоичного разряда, аппаратура схем, реализующих алгоритм деления, была существенно упрощена. Для повышения производительности машины и обеспечения решения задач, требующих запоминания значительного количества чисел и команд (системы алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных с сотнями неизвестных), было предусмотрено ЗУ на магнитном барабане емкостью 5 тыс. слов, а также устройство ввода и хранения подпрограмм на магнитной ленте (трехдорожечный магнитофон).

С 25 декабря 1951 г. МЭСМ в более совершенной компоновке продолжила решение различных, теперь уже более сложных научно-технических и народно-хозяйственных задач, которые ставили известные ученые М.В. Келдыш, А.А. Дородницын, М.А. Лаврентьев, А.А. Ляпунов, М.Р. Шура-Бура, Б.В. Гнеденко и др.

Разработка и эксплуатация МЭСМ представляли чрезвычайно важный этап развития отечественной вычислительной техники, это была настоящая школа, обусловившая формирование опытного коллектива разработчиков, эксплуатационщиков, операторов, программистов. Появление МЭСМ послужило мощным толчком для разработки широкого круга вопросов вычислительной математики. На машине было решено большое количество научно-технических и народно-хозяйственных задач (задачи ядерной физики, расчет линии электропередачи Куйбышев-Москва, задачи ракетной баллистики и др.), решение которых вручную надолго задержало бы развитие некоторых важных направлений отечественной науки и техники.

Для дальнейшей деятельности С. А. Лебедева в этой области разработка МЭСМ носила экспериментальный характер и явилась необходимым предварительным этапом — первой очередью создания быстродействующей электронной счетной машины (БЭСМ), в которой впервые в мире реализовалась параллельная обработка операндов в арифметическом устройстве. Технические характеристики МЭСМ были выбраны с учетом именно этого критерия. На них наложили свой отпечаток также условия разработки, элементно-конструкторская база того времени и крайне сжатые сроки изготовления машины.

В процессе создания МЭСМ разрабатывались, монтировались и опробовались быстродействующие устройства и узлы будущей БЭСМ.

*Основные этапы разработки и пуска МЭСМ:*

*Октябрь — ноябрь 1948 г.* Разработка общих принципов построения электронной цифровой вычислительной машины.

*Январь — март 1949 г.* Обсуждение характеристик вычислительной машины и мер сотрудничества при ее создании на научных семинарах с участием представителей Института математики и Института физики АН УССР.

*Октябрь — декабрь 1949 г.* Создание принципиальной блок-схемы и общей компоновки макета МЭСМ.

*6 ноября 1950 г.* Первый пробный пуск макета и начало решения на нем простейших практических и тестовых задач.

*Ноябрь — декабрь 1950 г.* Увеличение количества блоков запоминающих устройств, отработка алгоритмов операций сложения, вычитания, умножения и сравнения, завершение отладки макета.

*4-5 января 1951 г.* Демонстрация действующего макета приемной комиссии в составе Н. Н. Доброхотова, А. Ю. Ишлинского, С. Г. Крейна, С. А. Лебедева, Ф. Д. Овчаренко, И.Т. Швеца. Составление акта об окончании в 1950 г. разработки, изготовления и наладки макета, выработка рекомендаций по дальнейшему его совершенствованию.

10-11 мая 1951 г. Демонстрация работы машины в Киеве в присутствии известных ученых СССР Ю.Я. Базилевского, Н.Н. Боголюбова, М. В. Келдыша, К.А. Семендяева, А. Н. Тихонова и др.

Август — сентябрь 1951 г. Переделка блоков запоминания с целью повышения их надежности. Окончание переделки конструкции действующего макета, завершение новой компоновки МЭСМ и ее опробование.

25 декабря 1951 г. Пуск в эксплуатацию МЭСМ в новой компоновке.

## БЭСМ АН СССР (БЭСМ-1), БЭСМ-2

Главный конструктор академик АН УССР, Герой Социалистического труда С.А. Лебедев.

*Основные разработчики:* К. С. Неслуховский, П.П. Головистиков, В.А. Мельников, В.С. Бурцев, В.Н. Лаут, А.Н. Зимарев, А.Г. Лаут, А.А. Соколов, М.В. Тяпкин, В.Я. Алексеев, В.П. Смирягин, И.Д. Визун, А.С. Федоров, О.К. Щербаков, Л.А. Орлов, А.В. Аваев, В.В. Бардиж, О.П. Васильев, С.И. Судариков, В.С. Чунаев, А.А. Грызлов, А.А. Павликов, С.Л. Поздняков, С.П. Кузнецов и др.

Машина электронная вычислительная общего назначения БЭСМ АН СССР (БЭСМ-1), разработанная в ИТМ и ВТ АН СССР, являлась самой быстродействующей машиной в Европе и одной из самых быстродействующих ЭВМ в мире — средняя производительность составляла 10 тыс. операций в секунду.

*Область применения:* крупные научные и производственные задачи.

Принята Государственной комиссией в апреле 1953 г. с оперативной памятью на ртутных трубках (1024 слова); в начале 1955 г. с оперативной памятью на потенциалоскопах (1024 слова); в 1957 г. с оперативной памятью на ферритовых сердечниках (2047 слов). Диодное задающее устройство на 1024 39-разрядных слова.

БЭСМ-1 была машиной параллельного действия: вся числовая информация была представлена в двоичном коде и операции выполнялись одновременно над всеми разрядами — параллельный принцип обработки операндов (зарубежные ЭВМ имели последовательную или параллельно-последовательную систему обработки информации). БЭСМ-1 имела также развитую структуру и организацию связей устройств и сбалансированность их характеристик.

Важной особенностью БЭСМ-1 стало введение операций над числами с плавающей запятой с обеспечением большого диапазона используемых чисел (от  $10^{-9}$  до  $10^{10}$ ). На БЭСМ-1 обеспечивалась высокая точность вычислений (около 10 десятичных знаков).

Система представления чисел — двоичная с плавающей запятой, число разрядов для кодов чисел — 39 (цифровая часть числа — 32 разряда; знак числа — 1 разряд; порядок числа — 5 разрядов; знак порядка — 1).

Система команд — трехадресная. Число разрядов для кодов команд — 39. Код операции — 6 разрядов; коды адресов — 3 адреса по 11 разрядов каждый. В систему операций машины входят: арифметические операции, операции передач кодов, логические операции и операции управления. Операции могут производиться как с нормализованными, так и с ненормализованными числами.

БЭСМ-1 имела, кроме оперативной памяти, долговременное запоминающее устройство на полупроводниковых диодах (ДЗУ) емкостью до 1024 чисел. В ДЗУ постоянно хранились некоторые наиболее часто встречающиеся константы и подпрограммы. Содержимое ДЗУ не изменялось во время работы машины. Кроме того, машина имела внешний накопитель на магнитных лентах (НМЛ) — четыре блока по 30 тысяч чисел в каждом, а также промежуточный накопитель на магнитном барабане (НМБ) емкостью 5120 чисел со скоростью выборки до 800 чисел в секунду.

Ввод информации в машину со считывающего устройства на перфоленте (1200 чисел в минуту). Вывод результатов на электромеханическое печатающее устройство (1200 чисел в минуту), фотопечатающее устройство (200 чисел в секунду).

*Конструкция:* ЭВМ БЭСМ-1 была собрана на одной основной стойке. Кроме нее имелась стойка ДЗУ и шкаф питания. Имелся также пульт управления, служащий для пуска и остановки машины, отладки программ, а также для контроля за ее работой.

*Элементно-конструкторская база:* двух- и четырехламповые блоки (ячейки), в которых смонтированы различные схемы (триггеры, вентили, усилители и т.д.), и соединительные платы без активных элементов. Триггера вместе с входами на диодах занимали один четырехламповый блок. Вентили и усилители двухламповые, триггера и вентили были выполнены в основном на триодах 6Н8. Усилители и некоторые вентили выполнены на пентодах с трансформатором в аноде. БЭСМ-1 имела около 5 тыс. электронных ламп.

*Программное обеспечение:* системное ПО отсутствовало.

Для машины БЭСМ-1 была разработана система контрольных тестов, позволяющих быстро находить неисправности в машине, а также система профилактических испытаний для обнаружения мест возможных неисправностей.

*Технико-эксплуатационные характеристики:*

— время полезной работы составляло — 72 % в среднем;

— потребляемая мощность — около 30 кВт (без системы охлаждения);

— занимаемая площадь — до 100 м<sup>2</sup>.

**БЭСМ-2** была создана как серийный аналог уникальной БЭСМ-1 и нашла широкое применение в ряде НИИ СССР и за рубежом (КНР).

Коллектив основных разработчиков такой же, как в БЭСМ-1.

Год окончания разработки: 1957.

Год начала выпуска: 1958.

Год окончания производства: 1962.

*Область применения:* в вычислительных центрах и научно-исследовательских организациях для численного решения широкого круга математических задач.

Основные технические характеристики аналогичны характеристикам БЭСМ-1.

Система команд машины отличалась от системы команд ЭВМ БЭСМ-1 тем, что были исключены редко использовавшиеся команды (например, передача модуля числа) и добавлены некоторые новые команды.

*Принципиальные особенности:*

— Оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках. Емкость 2048 39-разрядных чисел. Время выборки 10 мкс.

— Внешние запоминающие устройства — магнитные барабаны и сменные магнитные ленты. Емкость запоминающего устройства на одном барабане не менее 5120 кодов. Скорость считывания или записи — 880 чисел в секунду. Частота импульсов магнитного барабана — около 35 кГц. Максимальное время ожидания первого числа — 80 мкс, среднее — 40 мкс.

— Число лент — четыре. Запись на магнитную ленту производится группами. Максимальное число чисел в одной группе — 2047. Емкость каждой ленты не менее 40 000 кодов. Скорость считывания или записи с лент — 400 чисел в секунду. Частота следования импульсов с магнитной ленты — около 16 кГц.

— Широкое применение полупроводниковых диодов. Количество полупроводниковых диодов 5 тыс., электронных ламп 4 тыс. Количество ферритовых сердечников 200 тыс.

— Усовершенствованная (мелкоблочная) конструкция, значительно повысившая надежность и удобство эксплуатации. Применены разъемы с плавающими контактами.

На серийных машинах БЭСМ-2 решены сотни тысяч задач чисто теоретических, прикладной математики, инженерных и пр. В частности, рассчитывались траектории полета космических аппаратов.

Машина разработана и внедрена в народное хозяйство коллективами ИТМ и ВТ АН СССР и завода им. Володарского (г. Ульяновск).

### «ДИАНА-1», «ДИАНА-2»

Руководители работ: академик С.А. Лебедев, Д.Ю. Панов, В.И. Рыжов, В.С. Бурцев, Г.Т. Артамонов.

Основные разработчики: Е.П. Ландер, А.Н. Зимарев, М.Р. Шура-Бура, М.П. Сычева, А.А. Новиков, Е.А. Кривошеев, М.В. Тихонова, А.Г. Лаут, В.С. Чунаев, А.С. Крылов, Л.Д. Крылова и др.

Окончание разработки и проведение испытаний в 1955 г.

*Основные характеристики:* специализированная ЭВМ «Диана-1» последовательного действия с коммутируемой программой обработки. «Диана-2» — фиксированная запятая, разрядность 10, система команд одноадресная, количество команд — 14, объем командной памяти — 256, ЗУ констант, оперативная память на магнитоэлектрических линиях задержки.

Элементная база: применение в логических элементах миниатюрных радиоламп, память на магнитоэлектрических линиях задержки.

*Принципиальные особенности:*

— осуществление автоматического съема данных с обзорной радиолокационной станции с селекцией объекта от шумов, одновременное сопровождение нескольких целей с построением траектории их движения и наведение самолета на цель (указанные функции осуществлены впервые в мире);

— преобразование интервалов времени и угловых положений в числовые величины (оцифровка данных).

### ЭВМ М-20, БЭСМ-4

Главный конструктор академик С.А. Лебедев.

Зам. главного конструктора — М.К. Сулим и М.Р. Шура-Бура. Основные разработчики: П.П. Головистиков, В.Я. Алексеев, В.В. Бардиг, В.А. Мельников, В.Н. Лаут, А.А. Соколов, М.В. Тяпкин, А.С. Федоров, О.П. Васильев, А.С. Федоров, О.К. Щербаков.

*Технические характеристики:* быстродействие 20 тыс. операций в секунду, оперативная память на ферритовых сердечниках емкостью 4096 слов, представление чисел с плавающей запятой, разрядность 45, система элементов — ламповые и полупроводниковые схемы, внешняя память — магнитные барабаны и ленты.

Введена в действие в 1958 г. Выпускалась серийно.

*Принципиальные особенности:*

— впервые в отечественной практике применена автоматическая модификация адреса;

— совмещение работы АУ и выборки команд из памяти;

— введение буферной памяти для массивов, выдаваемых на печать. Совмещение печати со счетом;

— использование НМЛ с быстрым пуском и остановом;

— Для М-20 разработана одна из первых систем программного обеспечения ИС-2. (Институт прикладной математики АН СССР).

В постановлении Президиума АН СССР от 20 февраля 1959 г. говорилось:

«... Создание машины М-20 является выдающимся достижением в развитии советской техники универсальных цифровых вычислительных машин. По своему быстродействию машина М-20 превосходит существующие отечественные и серийные зарубежные математические вычислительные машины.

Благодаря большому быстродействию, совершенству логической структуры и развитой системе оперативных и внешних запоминающих устройств, а также высокой степени надежности машины, она позволяет решить подавляющее большинство современных сложных задач, выдвигаемых отраслями науки и техники».

**БЭСМ-4.** Научный руководитель разработки — академик С.А. Лебедев. Главный конструктор БЭСМ-4 — О.П. Васильев.

Коллектив основных разработчиков такой же как в М-20.

БЭСМ-4 являлась фактически модернизацией ЭВМ М-20 с использованием полупроводниковых элементов и несколько расширенной системой команд.

*Технические характеристики:* быстродействие 20 тыс. операций в секунду, оперативная память на ферритовых сердечниках емкостью 16 384 слова, представление чисел с плавающей запятой, разрядность 45, система элементов — полупроводниковые схемы, внешняя память на МБ.

Введена в строй в 1962 г. Выпускалась серийно.

*Принципиальные особенности:*

- использованы полупроводниковые элементы;
- машина программно совместима с ЭВМ М-20;
- предусмотрена возможность подключения второго ОЗУ на ферритовых сердечниках емкостью 16 384 48-разрядных числа;
- работа с удаленными объектами по каналам связи. Четыре входа с телефонных и 32 входа с телеграфных линий связи с соответствующими скоростями — 1200 и 50 бод.

Машины БЭСМ-4 применялись для решения различных задач в вычислительных центрах, научных лабораториях, для автоматизации физического эксперимента и др.

Машина разработана и внедрена в народное хозяйство коллективами СКБ ИТМ и ВТ АН СССР и Ульяновского завода им. Володарского.

## **ЭВМ М-40, М-50, 5Э92**

Главный конструктор: академик С.А. Лебедев, зам. главного конструктора — ответственный исполнитель: В. С. Бурцев.

Основные разработчики: В.С. Чунаев, В.И. Рыжов, Ю.Н. Синельников, В.Ф. Петров, А.Г. Лаут, Ю. В. Никитин, В.М. Соколов, В.П. Разроев, Ю.С. Аверин, Б.А. Бабаян, М.Д. Великовский, В.Я. Горштейн, О.К. Гущин, А.С. Крылов, Л.Д. Крылова, А.Ф. Крупский, С.Е. Казанский, С.Г. Карабутов, Е.А. Кривошеев, П.И. Козулин, В.И. Мараховский, Е.М. Нестеров, Г.М. Орлов, В.М. Пивненко, Ю.Х. Сахин, И.К. Хайлов, С.И. Судариков, А.А. Грызлов, Ю.В. Никишин.

Разработаны принципы построения вычислительных средств ПРО и создан высокопроизводительный вычислительный комплекс для решения задач высококачественного автоматического управления сложными, разнесенными в пространстве объектами, работающими в реальном масштабе времени.

**ЭВМ М-40** начала выполнять сложные боевые задачи в 1957 г.

Впервые были предложены принципы распараллеливания вычислительного процесса за счет аппаратных средств.

*Технические характеристики:* быстродействие до 40 тыс. операций в секунду, оперативная память на ферритовых сердечниках емкостью 4096 40-разрядных слов, цикл 6 мкс, представление чисел с фиксированной запятой, разрядность 36, система

элементов ламповая и феррит-транзисторная, внешняя память — магнитный барабан емкостью 6 тыс. слов.

Машина работала в комплексе с аппаратурой процессора обмена с абонентами системы и аппаратурой счета и хранения времени.

*Область применения:* данный комплекс управлял радиолокационными станциями дальнего обнаружения и сопровождения цели и точного наведения противоракеты на баллистическую ракету противника. В марте 1961 г. на этом комплексе впервые в мире была ликвидирована боевая часть баллистической ракеты осколочным зарядом противоракеты. За эти работы коллектив ведущих разработчиков комплекса был удостоен Ленинской премии, в том числе академик С.А. Лебедев и В.С. Бурцев.

*Принципиальные особенности:*

—плавающий цикл управления операциями, позволяющий совместить во времени работу арифметического устройства, ОЗУ и процессора ввода вывода;

—асинхронная работа с 8 дуплексными радиорелейными линиями связи с общей пропускной способностью 1 млн бит/с без снижения производительности вычислительной системы;

—система прерываний;

—впервые использовано совмещение выполнения операций с обменом;

—мультиплексный канал обмена;

—работа в замкнутом контуре управления в качестве управляющего звена;

—работа с удаленными объектами по радиорелейным дуплексным линиям связи;

—впервые введена аппаратура счета и хранения времени;

**ЭВМ М-50** введена в строй в 1959 г. и явилась модификацией ЭВМ М-40, обеспечивающей выполнение операций с плавающей запятой и рассчитанной на применение в качестве универсальной ЭВМ. На базе М-40 и М-50 был создан двухмашинный комплекс.

Боевые пуски противоракет сопровождалась записью информации по всем направлениям ее входа и выхода на магнитные ленты контрольно-регистрирующей аппаратуры (КРА). Это давало возможность в реальном масштабе времени «проигрывать» и анализировать каждый пуск, для чего М-40 и М-50 имели развитую систему прерываний.

**ЭВМ 5Э92** — модификация М-50, рассчитанная на применение в комплексе обработки данных. Особенности ЭВМ: широкое применение феррит-транзисторных элементов в низкочастотных устройствах.

### **СВМ 5Э89, набор электронных модулей «Азов»**

Главный конструктор Я.А. Хетагуров.

Специализированная вычислительная машина (СВМ) 5Э89 («Курс-1») была одной из первых в СССР передвижных СВМ, построенных на полупроводниковых элементах.

В 1957 г. в ИТМ и ВТ были проверены идеи, связанные с использованием полупроводниковых приборов в специализированных ЭВМ, затем работа по созданию СВМ 5Э89 продолжилась в Морском научно-исследовательском институте (МНИИ-1) и завершилась в 1962 г. приемными испытаниями и передачей в серийное производство. До 1970 г. ее выпускали на Ульяновском заводе им. Володарского, а затем на Загорском электромеханическом заводе. Производство машины прекратили в 1992 г. СВМ 5Э89 была предназначена для работы в автоматизированной системе управления радиолокационным узлом. На машине выполнялась вторичная обработка информации, поступающей в реальном масштабе времени от радиолокаторов. Для повышения надежности и производительности была предусмотрена возможность

совместной работы двух вычислительных машин. Оригинальность построения машины зафиксирована авторским свидетельством.

СВМ располагалась в двух автоприцепах.

*Основные характеристики:*

Система представления чисел двоичная — двадцатиразрядные числа с фиксированной запятой. Система команд одноадресная. Число операций — 63, код адреса — 12 разрядов.

Емкость оперативного запоминающего устройства на ферритах — 1984 двадцатиразрядных числа. Емкость запоминающего устройства констант и программ — 2048 двадцатиразрядных чисел. Емкость долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) — 2048 двадцатиразрядных чисел.

*Эксплуатационные характеристики:* машина предназначена для работы при температуре окружающей среды от 5 до 40 °С, влажности воздуха 93-97 % при температуре 20-25 °С, давлении 460 мм рт. ст., ударных нагрузках до 8g.

Набор электронных модулей «Азов». Главный конструктор Я. А. Хетагуров.

Дальнейшим продолжением серии машин, работающих в масштабе реального времени и обладающих повышенной надежностью при работе в сложных климатических условиях, были вычислительные комплексы (ВК) «Азов», построенные по модульному принципу.

Модули являются конструктивно законченными приборами со своими источниками питания (вторичные источники питания), средствами контроля и индикации работы, которые обеспечивают автономную наладку и профилактические проверки.

Для достижения высокой достоверности выдаваемой информации каждый модуль снабжен аппаратным контролем выполняемой операции и вычислительный комплекс имеет необходимое резервирование модулей. Резервирование с заменой неисправных модулей на исправные производится автоматически в реальном масштабе времени, без нарушения вырабатываемых данных.

ВК «Азов» установлены на надводных судах (крейсерах) и подводных лодках для управления стрельбой торпедами и стратегическими ракетами, управления посадкой самолетов и вертолетов, управления корабельными локаторами, создания измерительных и информационных комплексов.

На базе ВК «Азов» было построено более 20 различных систем повышенной надежности.

Вычислительные комплексы «Азов» при полной комплектации имеют следующие основные характеристики:

объем оперативной памяти до 20 480 слов;

объем долговременной памяти до 61440 слов;

быстродействие до 400 тысяч операций в секунду.

Высокая производительность комплексов достигается за счет конвейерного принципа организации вычислительного процесса.

Серийный выпуск модулей «Азов» был начат в 1969 г. и закончен в 1980 г.

## **ЭВМ 5Э926, 5Э51**

Главный конструктор: академик С.А. Лебедев, заместитель главного конструктора: В.С. Бурцев.

Основные разработчики: В.И. Рыжов, Е.А. Кривошеев, Ю.Х. Сахин, В.Я. Горштейн, Л.Н. Назаров, В.М. Соколов, В.Ф. Петров, О.К. Гущин, И.К. Хайлов, Ю.В. Никитин, П.И. Козулин, Г.М. Орлов, А. С. Крылов, А.Г. Лаут, Б.А. Бабаян, Ю.С. Аверин, Л.Д. Крылова, Ю.Н. Никольская, М.В. Тихонова, М. Забусов, Д.И. Обидин, А.Ф. Крупский, А.М. Степанов, С.Л. Кольцова, А.А. Новиков,

Е.М. Нестеров, М.Ф. Фадеев, В.С. Александров, С.Г. Карабутов, З.А. Руцкая, А.А. Грызлов, Ю.В. Никишин, Э.Р. Фильцев, Н.И. Квашнин, В.-----М. Пахомов.

Машина применялась в вычислительных и управляющих информационных комплексах системы ПРО, комплексах управления космическими объектами, центрах контроля космического пространства и др.

Аванпроект — 1960 г., год окончания разработки — 1961 г.

Межведомственные испытания комплекса из восьми машин — 1967 г.

*Основные характеристики:*

ЭВМ включала два процессора (большой и малый), работающие на одну общую оперативную память. Быстродействие большого процессора 500 тыс. оп./с, а малого 37 тыс. оп./с. Представление чисел с фиксированной запятой, разрядность 48, емкость оперативной памяти 32 тыс. слов, основной цикл работы 2 мкс.

Малый процессор осуществлял управление работой 4-х магнитных барабанов по 16 тыс. слов каждый и 16 магнитных лент. Он также обеспечивал работу системы с 28 телефонными и 24 телеграфными дуплексными каналами связи.

*Элементно-конструкторская база:* ЭВМ полностью построена на полупроводниковой элементной базе (дискретные полупроводники). Конструкция ячеечная. Элемент замены — блок, содержащий 30 ячеек.

В этой ЭВМ впервые был реализован принцип многопроцессорности, внедрены новые методы управления внешними запоминающими устройствами, позволяющие осуществить одновременную работу нескольких машин на единую внешнюю память. Комплекс мог включать в зависимости от решаемых задач 1, 2, 4 или 8 ЭВМ.

*Принципиальные особенности:*

- одна из первых полностью полупроводниковых ЭВМ;
- двухпроцессорный комплекс с общим полем оперативной памяти;
- полный аппаратный контроль;
- возможность создания многомашинных систем с общим полем внешних запоминающих устройств;
- возможность автоматического скользящего резервирования машин в системе;
- развитая система прерываний с аппаратным и программным приоритетом;
- работа с удаленными объектами по дуплексным телефонным и телеграфным линиям.

*Программное обеспечение (ПО):*

- специальное математическое обеспечение реального времени;
- развитая система тестовых и диагностических программ, существенно использующая аппаратный контроль и позволяющая определить неисправный блок.

ЭВМ 5Э51 — модификация 5Э926. Серийный выпуск и работа в системе с 1965 г.

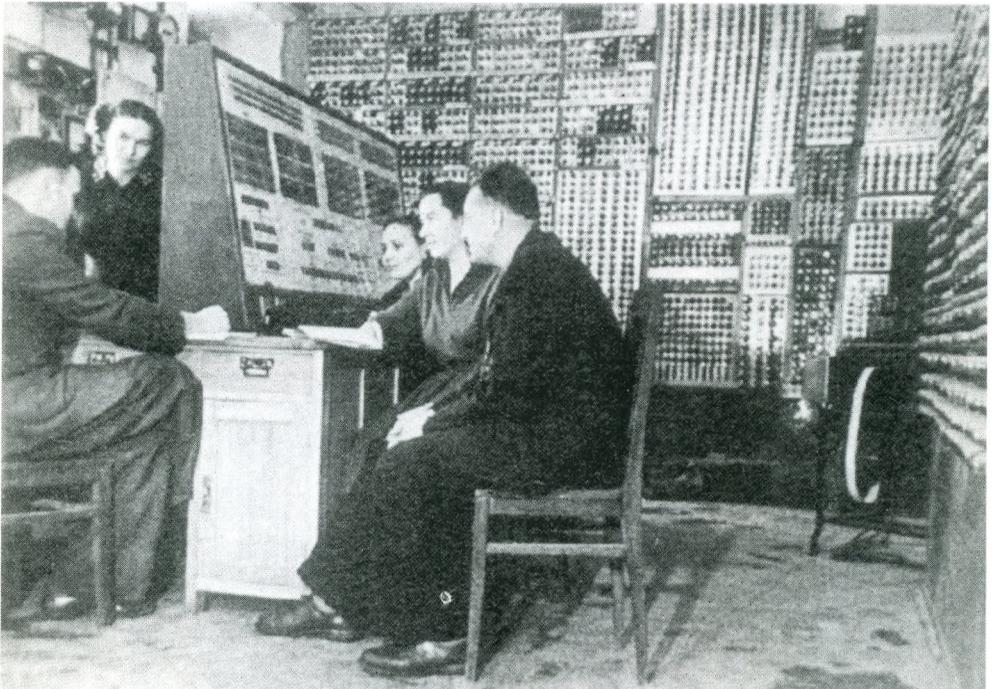
*Отличительные особенности:*

- представление чисел с плавающей запятой;
- виртуальная память с помощью базирования;
- мультипрограммный и многозадачный режим работы с аппаратной поддержкой защиты по оперативной памяти и каналам обмена с внешней памятью.

## БЭСМ-6

Главный конструктор: Герой Социалистического Труда академик С.А. Лебедев; заместители главного конструктора: В.А. Мельников, Л.Н. Королев, Л.А. Теплицкий.

Основные разработчики: А.А. Соколов, В.Н. Лаут, М.В. Тяпкин, В.Л. Ли, Л.А. Зак, В.И. Смирнов, А.С. Федоров, О.К. Щербаков, А.В. Аваев, В.Я. Алексеев,

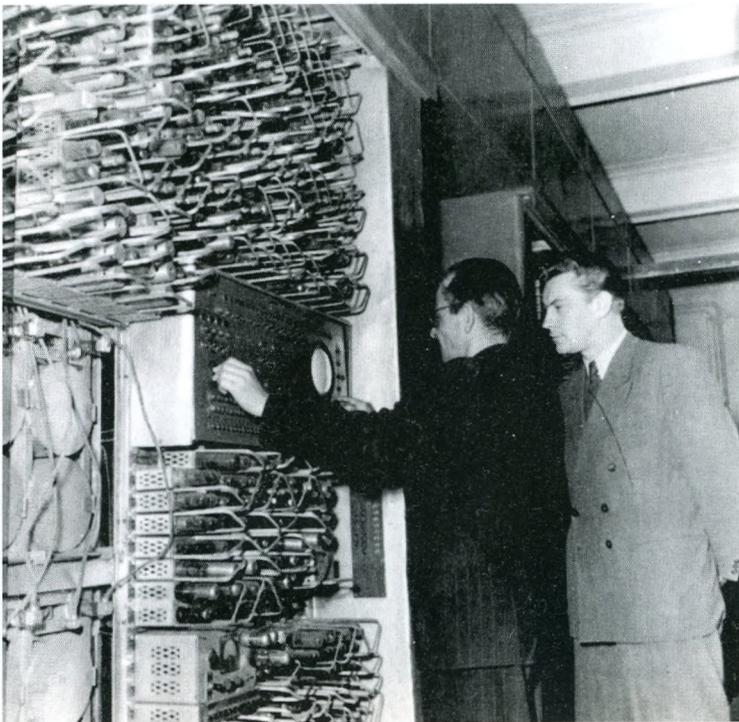




25

.....  
.....

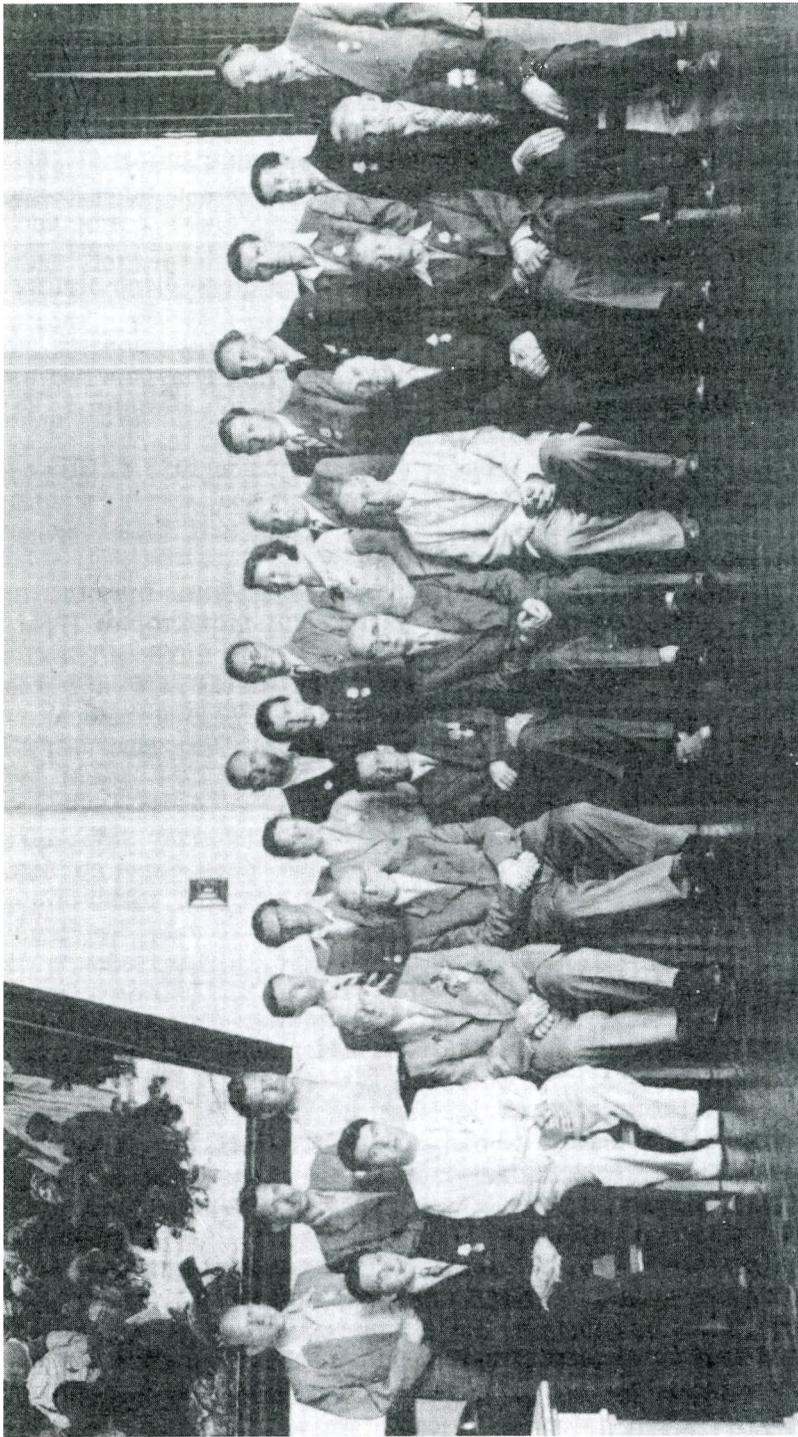






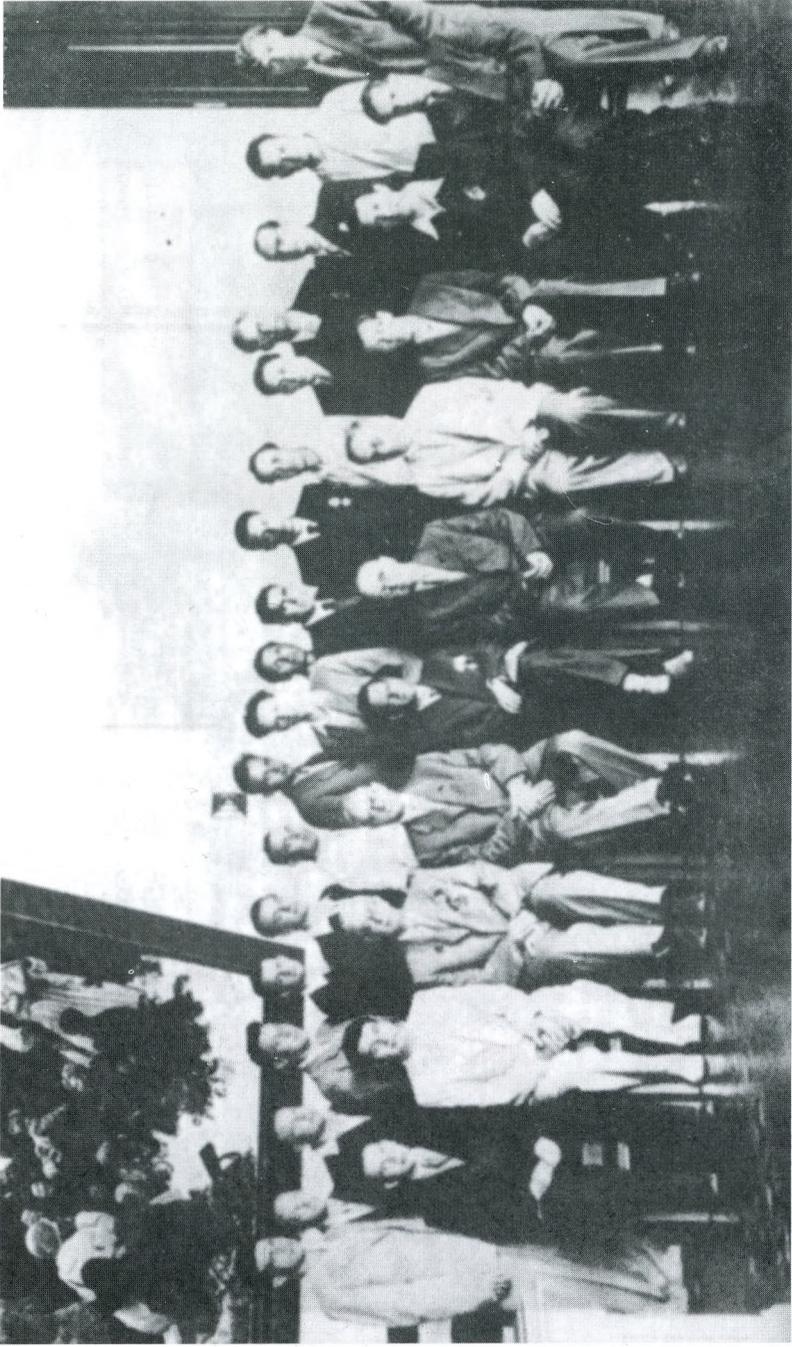
(1958 .)

.....  
( ..... ), ..... ( ..... ), .....  
.....



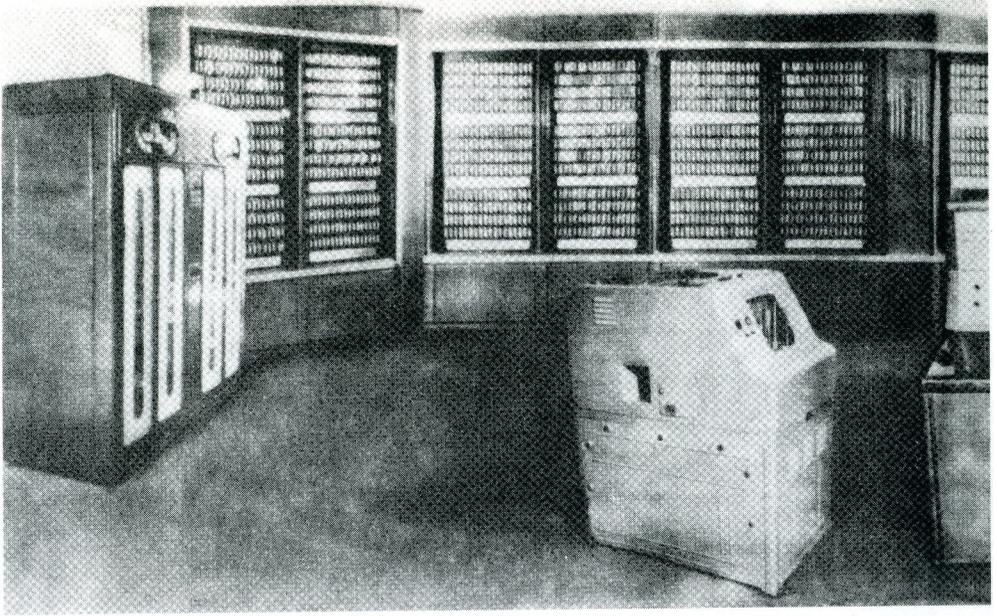
(1956 .)

.....



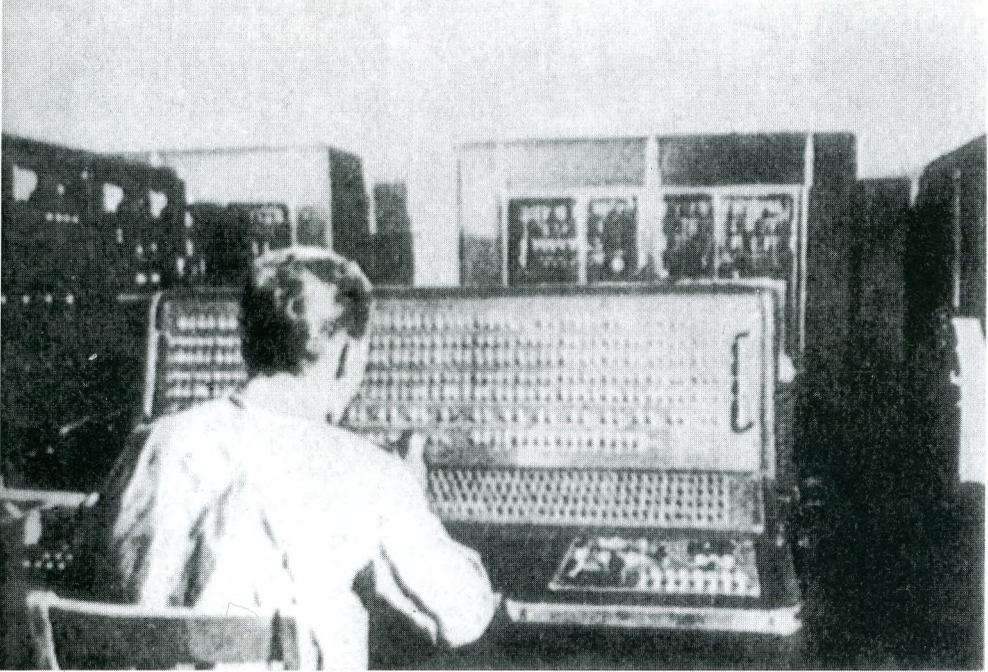
(1956 .)

A. . . . .  
B. . . . .

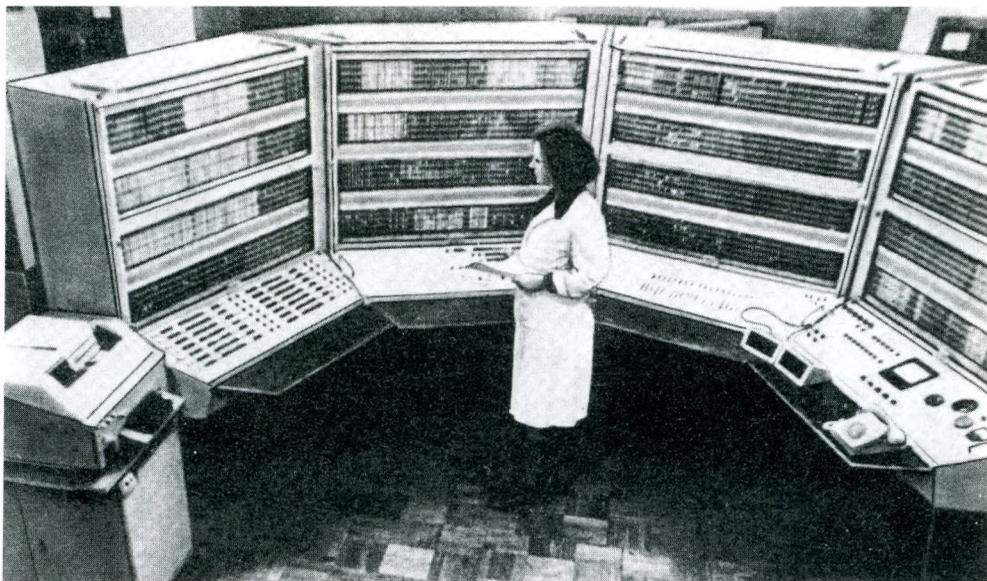


-20







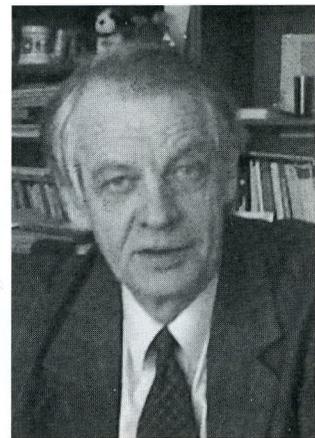


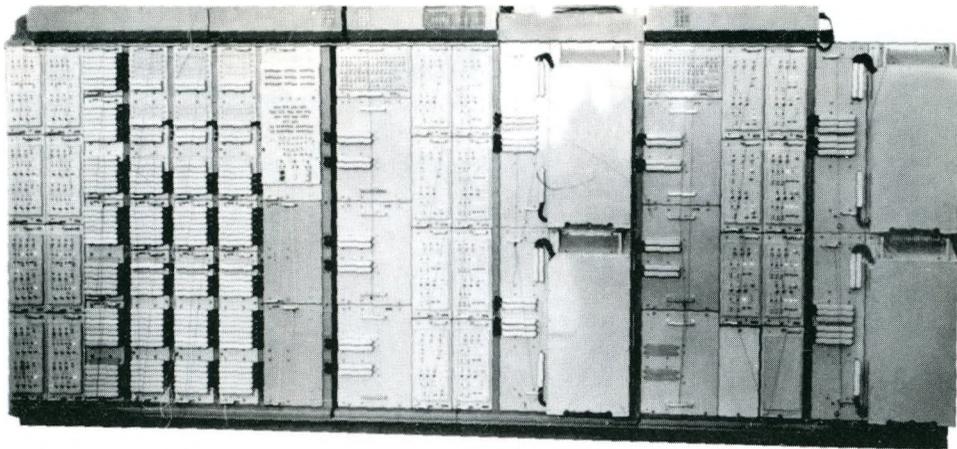
-6



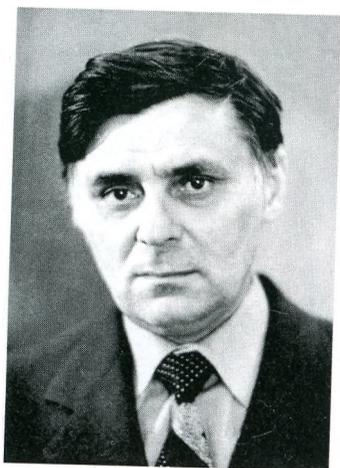
-6 (1969 .).

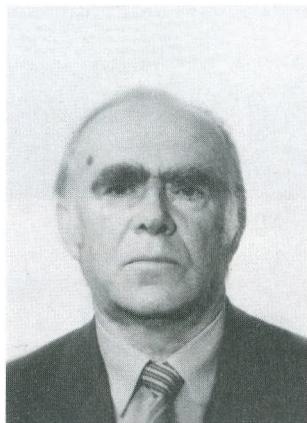
..... ; ..... :  
..... ; ..... :

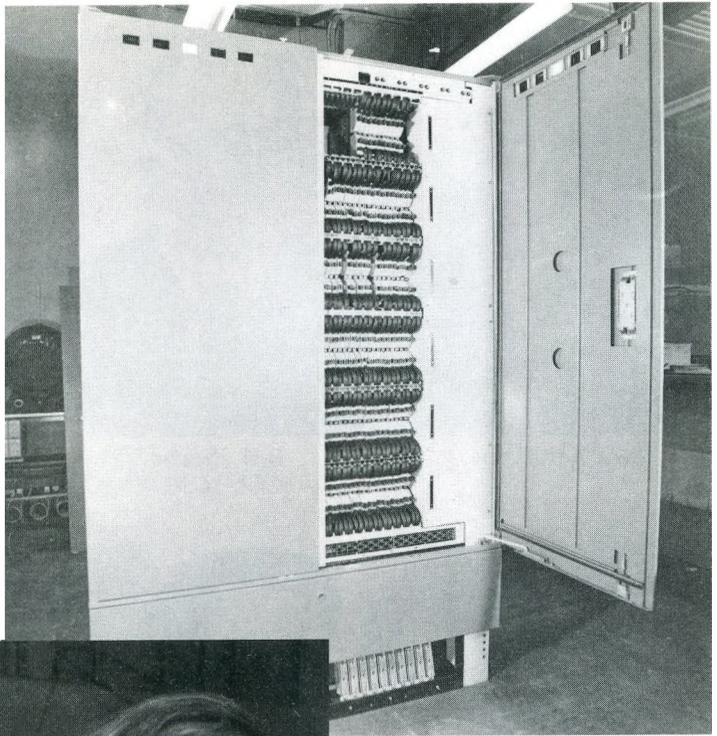




5 26







“ -2”



“ -2” (1988 .)



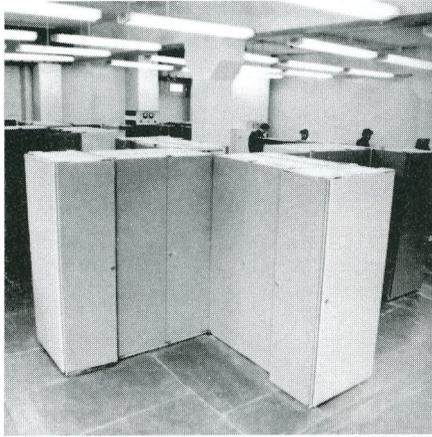
“ -2” (1988 .).



“ 1- ”



“ 2- ”



“ 3-1 ”



“ 4- ”



“ 5- ”

О.А. Большаков, В.Ф. Жиров, В.А. Жуковский, Ю.И. Митропольский, Ю. Н. Знаменский, В. С. Чехлов, В. Я. Семешкин, В. А. Иванов и др.

Ведущие разработчики программного обеспечения: В. П. Иванников, А. Н. Томилин, Д.Б. Подшивалов, М.Г. Чайковский, В.Ф. Тюрин, Э.З. Любимский, В.С. Штаркман, Н.Н. Говорун, В.П. Шириков, И.Н. Силин, В.М. Курочкин, Ю.М. Баяковский и др.

Основные исполнители: ИТМ и ВТ АН СССР и завод САМ. Выпускалась серийно с 1967 г.

Вычислительные машины БЭСМ-6 выпускались 17 лет и использовались в крупных вычислительных центрах многих отраслей народного хозяйства, в научных институтах, учебных заведениях, в системах управления сложными техническими объектами.

Первая в СССР ЭВМ, имеющая быстродействие 1 млн операций в секунду.

*Технические характеристики:* быстродействие 1 млн операций в секунду, оперативная память 64—128К 50-разрядных слов, время цикла ОЗУ 2 мкс, время выборки 0,8 мкс, представление чисел с плавающей запятой, разрядность 48, параллельный обмен по шести каналам внешней памяти и 32 каналам связи.

*Принципиальные особенности:*

— система элементов с широкими логическими возможностями и парафазной синхронизацией;

— глубокое совмещение выполнения команд на основе асинхронной конвейерной структуры;

— использование ассоциативной сверхбыстродействующей буферной памяти;

— первое использование виртуальной памяти в отечественных машинах;

— использование стекового («магазинного») способа обращения к памяти;

— совмещенный со счетом параллельный обмен массивами данных по шести каналам с магнитными барабанами, магнитными дисками и магнитными лентами;

— операционная система с многопрограммным режимом работы.

В акте Государственной комиссии, принимавшей БЭСМ-6, отмечено:

«БЭСМ-6 стала первой в стране машиной, имеющей быстродействие около 1 млн одноадресных операций в секунду и использующей систему элементов с тактовой частотой 9 МГц. Высокая тактовая частота элементов потребовала от разработчиков новых оригинальных конструктивных решений для сокращения длин соединений элементов и уменьшения паразитных емкостей. Высокое быстродействие машины обеспечивается рациональным построением арифметического устройства, совмещением работы отдельных устройств машины, согласованием времени работы памяти и арифметического устройства за счет разделения оперативной памяти на ряд параллельно работающих блоков и применением самоорганизующейся сверхбыстродействующей буферной памяти на быстрых регистрах.

Комиссия с удовлетворением отмечает, что БЭСМ-6 обладает основными структурными особенностями современных высокопроизводительных машин, позволяющими использовать ее в мультипрограммном режиме и в режиме разделения времени: системой прерывания, аппаратом защиты памяти, аппаратом защиты команд, аппаратом присвоения адресов, магазинной организацией выполнения команд.

Высокие показатели машины получены при сравнительно небольшом количестве полупроводниковых приборов (около 60 тыс. триодов и 180 тыс. диодов), что показывает рациональность принятых схемных решений».

За разработку и внедрение машины БЭСМ-6 С.А. Лебедев, В.А. Мельников, Л.Н. Королев, Л.А. Зак, В.Н. Лаут, А.А. Соколов, В.И. Смирнов, А.Н. Томилин, М.В. Тяпкин, В.Я. Семешкин, В.А. Иванов были удостоены Государственной пре-

## **ЭВМ 5Э65, 5Э67**

Главный конструктор: академик С.А. Лебедев, заместитель главного конструктора: И. К. Хайлов.

Основные разработчики: С.Л. Кольцова, В.И. Лыжников, Г.М. Орлов, Ю.Н. Синельников, В.М. Пивненко, Д.Б. Подшивалов, Л.Е. Пшеничников, А.К. Фоменко, М.Г. Чайковский, О.Н. Шпаков, Е. В. Влунин.

Эскизный проект — 1965 г., технический проект — 1968 г. Год окончания разработки: 1968. Год начала выпуска: 1969.

5Э65 — перевозимый высокопроизводительный вычислительный комплекс специального применения — в системах противоракетной (ПРО) и противосамолетной обороны (ПСО), обеспечивающий при слежении за объектами в реальном масштабе времени в полевых условиях прием и обработку данных с высокой степенью достоверности за счет применения памяти с неразрушающим считыванием, полного аппаратного контроля, средств устранения последствий сбоев. Эффективности вычислительного процесса способствовали переменная длина слова (12, 24, 36 разрядов) и безадресная стековая система команд.

ЭВМ 5Э67 — перевозимый многоядерный высокопроизводительный комплекс на базе модифицированной 5Э65 с общим полем внешней памяти, аппаратно-программными средствами реконфигурации на уровне машин. Комплекс обеспечивает работу в жестких климатических условиях. На базе 5Э67 был создан комплекс радионаблюдения в атмосфере и космосе в реальном масштабе времени, который эксплуатируется по настоящее время.

За создание 5Э67 И.К. Хайлов удостоен Государственной премии 1977 г.

## **ЭВМ 5Э26, 40У6**

Главные конструкторы — С.А. Лебедев, В.С. Бурцев.

Заместители главных конструкторов: Е.А. Кривошеев, В.Н. Лаут, А.А. Новиков, Ю.Д. Острецов, М.И. Одесский, Д.Б. Подшивалов, Г.С. Марченко.

Основные разработчики: К.Я. Трегубов, П.В. Борисов, Б.А. Вайсбурд, Л.Д. Крылова, Ю.М. Аксенова, Е.М. Румянцев, В.Ф. Петров, М.Д. Великовский, П.С. Мико, В.П. Зверков, А.Ф. Ненароков, Ю.С. Рябцев, Л.А. Козлов, С.Н. Кнорозов, М.Ф. Фадеев, В.И. Степанов, Д.И. Обидин, В.П. Залесин, С.Л. Подгорнова, П.Д. Софронов, А.А. Алексеев, П.П. Хамчук, В.И. Кровопусков, В.Я. Алексеев, Н.С. Фетисов, В.А. Иващенко, Л.Е. Карпов, А.М. Березко, М.Ю. Никитин, А.С. Попов, С.Н. Карпинский.

Организация-разработчик: Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР.

Год окончания разработки: 1978. Год начала выпуска: 1978. Год прекращения производства: 1994. Выпущено — 1,5 тысячи машин.

Первая ЭВМ в СССР, построенная на отечественных интегральных схемах. ЭВМ 5Э26 является мобильной управляющей многопроцессорной высокопроизводительной вычислительной системой, построенной по модульному принципу.

*Технические характеристики:* производительность трехпроцессорной вычислительной системы 1,5 млн операций в секунду; длина слова 32 разряда; представление информации: целое слово, полуслово, байт, бит; объем оперативной памяти 32 Кбайт; объем командной памяти 64—256 Кбайт; независимый процессор ввода — вывода

информации по 12 каналам связи — максимальный темп обмена свыше 1 Мбайт/с; объем 2,5—4,5 м<sup>3</sup>; потребляемая мощность 5—7 кВт, занимаемый объем 2,5—4,5 м<sup>3</sup>.

*Элементная база:* стандартная серия ТТЛ-микросхем.

*Конструкция:* ячеечная, блочная.

Выпускалась в двух модификациях, различающихся объемом командной памяти.

ЭВМ 5Э26 всех модификаций, благодаря правильности принятых на начальном этапе их разработки решений и высокой надежности, обеспечиваемой отказоустойчивой архитектурой, эксплуатируются до сих пор (на протяжении более, чем 25 лет).

*Принципиальные особенности:*

—мобильная многопроцессорная высокопроизводительная структура, построенная по модульному принципу, легко адаптируемая к различным требованиям по производительности и памяти в системах управления;

—машина с автоматическим резервированием на уровне модулей, обеспечивающая восстановление вычислительного процесса при сбоях и отказах аппаратуры в системах управления, работающая в реальном времени;

—машина может быть использована как универсальная ЭВМ, снабженная развитым математическим обеспечением, эффективной системой автоматизации программирования и возможностью работы с языками высокого уровня;

—энергонезависимая память команд на микробиаксах с возможностью электрической перезаписи информации с внешних носителей;

—введена эффективная система эксплуатации с двухуровневой локализацией неисправной ячейки, обеспечивающая эффективность восстановления аппаратуры среднетехническим персоналом;

—тестовое программное обеспечение позволяло в автоматическом режиме локализовать неисправность с точностью до блока (типового элемента замены), а в большинстве случаев — с точностью до ячейки;

— системное программное обеспечение включало транслятор с ФОРТРАНА, автокода, файловую систему, мониторинговую систему и ряд других программ. Для обеспечения работ по отладке системных и пользовательских программ был создан имитационный комплекс на БЭСМ-6;

— создана и внедрена в производство технология многослойных печатных плат. За создание ЭВМ 5Э26 Е.А. Кривошеев, Ю. Д. Острецов и Ю.С. Рябцев удостоены Государственной премии.

**ЭВМ 40У6 — модификация 5Э26.** Главный конструктор: Е.А. Кривошеев. Заместители главного конструктора: Л.А. Козлов, Е.Ф. Бережной, Ю.С. Рябцев, Д.Б. Подшивалов, П.В. Борисов, Б.А. Вайсбурд.

Год окончания разработки: 1988.

Год начала выпуска: 1988, выпускается до настоящего времени.

ЭВМ 40У6 является модернизацией ЭВМ 5Э26 и имеет следующие *технические характеристики:* для повышения производительности увеличено число процессоров с 3 до 5, 32-разрядное слово, плавающая запятая, оперативная память 256 Кб (дублируется), командная память 512 Кб (дублируется), 15-канальный процессор ввода-вывода информации (дублируется), потребляемая мощность 5,5 кВт, объем 2,5-4,5 м<sup>3</sup>.

*Элементная база:* маломощная серия ТТЛ-микросхем, КМОП-микросхемы памяти.

В состав *программного обеспечения* дополнительно вошли: трансляторы с языков Паскаль и Си.

За создание ЭВМ 40У6 Е. А. Кривошеев удостоен Государственной премии России.

## АС-6

Главные конструкторы — В.А. Мельников, А.А. Соколов; заместитель главного конструктора В.П. Иванников.

После завершения разработки БЭСМ-6 и внедрения ее в народное хозяйство коллектив ее создателей приступил к работе над системой обработки данных АС-6, ставшей развитием идей С. А. Лебедева, связанных с созданием многопроцессорных и многомашинных комплексов. Основными разработчиками аппаратной части системы были В.И. Смирнов, В.Л. Ли, Ю.И. Митропольский, Ю.Н. Знаменский, Л.А. Зак, В.С. Чехлов, Л.Ф. Чайковский, О.К. Щербаков, В.Ф. Жиров, М.А. Головина, Ю.Н. Корольков и др.

Ведущими разработчиками программного обеспечения АС-6 были А.Н. Томилин, В.А. Коликов, А.Ю. Бяков, М.Г. Чайковский, В.И. Максаков, С.Д. Кузнецов, И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев и др.

Машина разработана коллективом ИТМ и ВТ АН СССР совместно с заводом САМ.

Разработка АС-6 была завершена в 1975 г., а в 1977 г. московский завод «САМ» начал изготовление системы малой серией.

АС-6 была предназначена для решения больших научных и экономических задач, задач обработки информации и управления. Система функционировала в режиме дистанционной пакетной обработки, в режиме коллективного пользования и в режиме реального времени.

### *Основные характеристики АС-6:*

АС-6 обладает трехуровневой структурой. Первый уровень составляют высокопроизводительные процессоры и ЭВМ, блоки оперативной памяти и средства для объединения этих устройств в единый комплекс. Устройства, входящие в эту группу, связываются между собой при помощи наиболее быстрого канала (канал 1-го уровня). В состав высокопроизводительных устройств входили новые центральные процессоры - ЦП АС-6 и ЭВМ БЭСМ-6.

Подготовка информации для центрального комплекса является основной задачей второго уровня АС-6, который представляет собой аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий подключение к центральному комплексу внешних накопителей, устройств ввода-вывода, каналов связи и средств отображения. Средством связи внешних устройств с оперативной памятью служит унифицированный канал 2-го уровня.

Функции управления периферийными устройствами и контроль поступающей извне информации выполняются периферийной машиной ПМ-6. Кроме этого, эта машина организует обмен информацией между оперативной памятью 1-го уровня и внешними абонентами 2-го уровня.

Внешние устройства, подключаемые к системе, составляют третий уровень АС-6. Устройства третьего уровня подключены к системе канала 2-го уровня при помощи стандартного канала ввода-вывода ЕС ЭВМ.

Широкий набор модулей и средств коммутации системы АС-6 позволял компоновать сложные многомашинные и многопроцессорные комплексы с различной производительностью, объемом оперативной памяти, составом и объемом внешней памяти, количеством и номенклатурой устройств ввода-вывода, количеством и пропускной способностью каналов передачи информации в соответствии с требованиями потребителя.

АС-6 реализована на *элементно-конструкторской базе* БЭСМ-6, в ряде стоек (шкафов) применено автономное воздушное охлаждение.

Типовое математическое обеспечение системы АС-6 состоит из следующих основных компонентов:

— операционной системы (ОС) АС-6, объединявшей ОС центральных процессоров АС-6, ОС БЭСМ-6 и ОС периферийных машин (ПМ-6) АС-6. Операционная система АС-6 была реализована таким образом, что допускала взаимодействие до 16 процессоров и ЭВМ, подключенных к каналу 1-го уровня;

— систем программирования;

— тестов и обслуживающих программ.

*Технико-эксплуатационные характеристики:*

— среднее быстродействие ЦП АС-6 — до 1,5 миллиона одноадресных команд/с (на один ЦП);

— объем оперативной памяти 256 тыс. 50-разрядных слов может быть расширен за счет высокоскоростного унифицированного канала 1-го уровня. Через этот канал может подключаться также оперативная память других модулей АС-6 и БЭСМ-6;

— рабочая частота — 10 МГц;

— занимаемая площадь — 150-200 м<sup>2</sup> (для минимального комплекта системы);

— потребляемая мощность от сети 220 В 50 Гц — 50 кВт (без системы воздушного охлаждения).

В качестве внешних устройств в системе АС-6 были использованы внешние накопители и устройства ввода-вывода из номенклатуры ЕС ЭВМ. Для подключения к системе телефонных каналов связи предназначен телефонный мультиплексор (МТФ) и адаптеры АТФ. Для сопряжения с телеграфными линиями связи используются телеграфные мультиплексоры (МТГ).

За разработку системы АС-6 в 1982 г. была присуждена Государственная премия СССР сотрудникам ИТМ и ВТ АН СССР: В.А. Мельникову, А.А. Соколову, Л.А. Теплицкому, В.П. Иванникову, А.Ю. Бякову, В.Л. Ли, В.И. Смирнову, Л.А. Заку, В.С. Чехлову, а также сотрудникам смежных организаций.

Оформлены изобретения на систему в целом и на отдельные ее составляющие.

## МВК Эльбрус-1, Эльбрус-2

Главный конструктор: В.С. Бурцев. Зам. главного конструктора: В.И. Рыжов, В.Ф. Артюхов, Б.А. Бабаян, В.В. Бардиж, В.А. Катков, В.Н. Лаут, Ю. В. Никитин, А.А. Новиков, И.И. Наумов, Ю.С. Рябцев, Ю.Х. Сахин, М.В. Тяпкин, В.С. Чунаев, И.К. Хайлов, Э.Р. Фильцев

Основные разработчики:

П.П. Головистиков, Н.И. Жемерикин, Г.Г. Рябов, Г.Л. Лакшин, С.В. Семенихин, Л.Н. Назаров, В. Я. Горштейн, Г. С. Ким, Г. И. Гришаков, А. В. Малышин, В. С. Фуртичев, П.В. Горшков, А.А. Грызлов, Л.И. Кушнарв, И.Н. Определенов, В.М. Пентковский, В.П. Торчигин, С.В. Веретенников, Ю.И. Шарапов, О.Н. Шпаков, Е.В. Ялунин, С.Л. Кольцова, Л.Е. Пшеничников, Е.В. Сафонов, В.Ю. Волконский, В.П. Залесин, В.А. Бубенцев, О.К. Гуцин, А.П. Иванов, Е.М. Нестеров, Ю.В. Никишин, В.Л. Подгорный, Ю.Н. Никольская, С.С. Гилязов, В.Я. Алексеев, А.А. Барда, В.Е. Вулихан, И.С. Голосов, Е.М. Городин, В.И. Перекатов, А.В. Осипов, Ю. С. Румянцев, В. В. Сангалов, Э.В. Сызько, Ф.П. Галецкий, В.Н. Пырченков

Организация-разработчик: Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР, ПО «Звезда» (Загорск), Московский завод САМ им. В. Д. Калмыкова, Пензенский завод ВЭМ.

Год окончания разработки: МВК Эльбрус-1 — 1979, МВК Эльбрус-2 — 1984.

Год начала выпуска: МВК Эльбрус-1 — 1980, МВК Эльбрус-2 — 1985.

Типовые комплектации: однопроцессорная, двухпроцессорная, четырехпроцессорная и десятипроцессорная.

После успешного завершения разработки БЭСМ-6 производительностью около 1 млн операций в секунду перед Институтом была поставлена новая чрезвычайно сложная задача — разработать универсальный вычислительный комплекс производительностью на 2 порядка выше — более 100 млн операций в секунду. По тем временам подобных вычислительных систем не существовало не только в СССР, но и в мире. Разумеется, решить такую проблему можно было только путем перехода на качественно новую элементную базу, новую архитектуру, новые методы организации вычислений. Проект был назван С.А. Лебедевым «Эльбрус» по имени высочайшей горы в Европе.

Это была последняя разработка, в которой принимал участие С. А. Лебедев.

В эскизном проекте было показано, что основной путь дальнейшего повышения производительности вычислительных систем лежит в распараллеливании процесса вычислений. В этой связи было решено разработать модульный масштабируемый вычислительный комплекс, комплектацию которого заказчик определял в зависимости от специфики использования. Однако модульная архитектура многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) использовалась не только для повышения общей производительности, но и для повышения надежности вычислений.

МВК Эльбрус-1 и МВК Эльбрус-2 двойного применения (гражданского и военного) предназначаются для использования в высокопроизводительных информационно-вычислительных и управляющих системах, в том числе в системах непрерывного действия, работающих в реальном масштабе времени, а также в научных и промышленных вычислительных центрах коллективного пользования в пакетном режиме и в режиме разделения времени.

На момент написания эскизного проекта (1970 г.) в СССР не было серийно выпускаемых интегральных схем (ИС). Для создания МВК Эльбрус-2 требовались интегральные схемы повышенной интеграции — БИС с задержкой 2-3 нс. Эта работа была поручена институту министерства электронной промышленности (МЭП) — Научно-исследовательскому институту микроэлектроники (НИИМЭ), руководимому академиком К.А. Валиевым. К моменту завершения технического проекта НИИМЭ освоил в производстве ИС средней интеграции с задержкой на переключение 15 нс. Исходя из положения с элементной базой, было принято решение в качестве первого этапа проекта построить комплекс в 10 раз меньшей производительности, чем это требовалось, на имеющейся элементной базе. Эта разработка имела название МВК Эльбрус-1. Для построения этого комплекса была взята несколько модернизированная элементно-конструкторская база ЭВМ 5Э26, которая к тому времени была освоена в серийном производстве. Комплексы МВК Эльбрус-1 и МВК Эльбрус-2 имеют идентичную архитектуру.

МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2 построены по модульному принципу и состоят из следующих типовых модулей устройств:

- центральных процессоров — ЦП (от 1 до 10);
- полупроводниковой оперативной памяти (от 1 до 8 секций — каждая секция по 4 модуля по 32 К слов каждый) со временем выборки 0,2 мкс на слово;
- процессоров ввода-вывода — ПВВ (от 1 до 4), обеспечивающих управление потоками данных между оперативной памятью и внешними устройствами с возможностью подключения до 128 устройств внешней памяти и до 384 стандартных (ЕС ЭВМ) устройств ввода-вывода;
- процессоров передачи данных — ППД (от 1 до 16), обеспечивающих взаимодействие вычислительного комплекса с удаленными пользователями через линии передачи данных (до 640 каналов связи).

Вместо одного или нескольких центральных процессоров могут быть подключены специализированные процессоры, такие как процессоры, обеспечивающие без доработок выполнение всех программ пользователей БЭСМ-6, и процессоры БПФ, выполняющие задачу быстрого преобразования Фурье и имеющие производительность 600 млн операций в секунду. Каждый модуль представляет собой функционально и конструктивно законченное устройство, обладающее практически полным аппаратным контролем прохождения вычислительного процесса, автономными средствами коммутации, обеспечивающими его подключение к остальным устройствам комплекса, системой питания и охлаждения, а также средствами его восстановления в случае отказа.

*Центральный процессор (ЦП)* обладает следующими основными особенностями:

— безадресная система команд, позволяющая свести к минимуму обмена между ЦП и оперативной памятью и организовать эффективное выполнение программ, написанных на языках высокого уровня. Понятие стека используется на аппаратном уровне практически во всех нескольких сотнях команд процессора;

— динамическое распределение сверхоперативных регистров, аппаратная реализация на быстрых регистрах верхушки стека, где находятся наиболее часто используемые данные. В отличие от большинства вычислительных систем, где имеется возможность непосредственного обращения к быстрым регистрам, и, таким образом, возникает проблема их переиспользования, в ЦП «Эльбрус» быстрые регистры распределяются аппаратурой динамически в зависимости от реальной ситуации в процессе выполнения программы;

— аппаратная реализация наиболее типичных фрагментов вычислительного процесса. В частности, аппаратная реализация входа и выхода в/из процедуры с автоматической установкой контекста процедуры, работа с массивами, при которой поочередно обрабатываются элементы массивов;

— повторная входимость программ и рекурсивный запуск процедур;

— автоматическая работа с различными типами и форматами данных: с числами с плавающей запятой, с целыми числами формата 32, 64 и 128 разрядов, а также с алфавитно-цифровой и битовой информацией;

— введен КЭШ, позволяющий хранить в нем наиболее часто используемые данные. Был реализован оригинальный механизм обеспечения когерентности КЭШ во всех ЦП, который позволял свести к минимуму накладные расходы по обеспечению когерентности;

— организация параллельных процессов;

— введение аппаратных средств для обеспечения синхронизации параллельных процессов. Эти средства автоматически поддерживали когерентность КЭШ;

— каждое машинное слово сопровождалось дополнительной информацией (тег), описывающей тип содержащихся в слове данных. В процессе выполнения аппаратура контролировала этот тип на соответствие его выполняемой операции и при выявлении несоответствия выдавала аварийный сигнал;

— работа с полями переменной длины;

— виртуальная память объемом  $2^{32}$  слов;

— распределение оперативной памяти сегментами переменной длины;

— контекстная процедурная защита.

*Оперативная память (ОП)*. Секция ОП состоит из двух частей: коммутатора памяти, реализующего принцип соединения «каждый с каждым» и занимающего половину типового шкафа конструкции МВК Эльбрус-2, и самой памяти (4 модуля по 32 К слов каждый). В состав комплекса может входить до восьми секций оперативной памяти, работающих независимо. В каждой секции оперативной памяти реализован режим интерливинга, снижающий время обмена до 0,2 мкс/слово при полном цикле

обращения к одному модулю 1 мкс. Максимальная общая пропускная способность ОЗУ-ЦП превосходит 40 Мслов в секунду.

*Процессор ввода-вывода (ПВВ)* обеспечивает обмен данными оперативной памяти с внешней памятью, устройствами ввода-вывода и абонентскими пунктами. Модуль ПВВ — единый для МК Эльбрус-1 и МК Эльбрус-2 размещается в типовом шкафу и выполнен на интегральных схемах «ЛОГИКА-2».

В ПВВ аппаратно реализованы основные алгоритмы диспетчера операционной системы, что дает возможность освободить центральные процессоры от рутинной работы, связанной с организацией обмена, поиском оптимальных путей обмена с внешней памятью и устройствами ввода-вывода, организацией очередности обращения к ним, запусками и остановами устройств и т. д.

*Система телеобработки* базируется на использовании специализированных процессоров — единых для МК Эльбрус-1 и МК Эльбрус-2 — процессоров передачи данных (ППД), обеспечивающих взаимодействие МК с абонентскими пунктами, удаленными ЭВМ, а также различными технологическими установками специального назначения, подключенными через телефонные и телеграфные линии связи.

Отличительной особенностью системы телеобработки является программная адаптация к различным структурам линий связи, абонентских пунктов и вычислительных сетей, включая их изменения и модернизации, без останова вычислительной системы.

В максимальной комплектации МК Эльбрус-1 и МК Эльбрус-2 имеет 16 ППД (по 4 на каждом ПВВ), что обеспечивают подключение 768 линий с возможностью расширения до 4096 линий связи с общей пропускной способностью до 480 тыс. байт/с.

Отличительной особенностью конструкции МК Эльбрус-1 и МК Эльбрус-2 является использование системы охлаждения, позволяющей обеспечить высокую эффективность, экономичность, надежность и независимость тепловых режимов от параметров воздуха машинных залов ВЦ:

— в устройствах ЦП МК Эльбрус-2 и коммутаторе памяти используется жидкостная кондуктивная система охлаждения;

— в устройствах ЦП МК Эльбрус-1 и ПВВ — двухконтурная замкнутая воздушно-жидкостная система охлаждения;

— в устройствах ППД и управления внешней памятью, а также во внешних ЗУ и устройствах ввода-вывода используется воздушная система охлаждения.

*Программное обеспечение (ПО)* является общим для МК Эльбрус-1 и МК Эльбрус-2. Отличительная особенность ПО состоит в использовании языка высокого уровня ЭЛЬ-76, являющегося автокодом системы, для написания системных программ, в частности операционной системы, трансляторов и целого ряда управляющих программ, работающих в реальном масштабе времени. Это позволило значительно сократить время создания программ.

Создаваемые на базе МК Эльбрус-2 вычислительные комплексы имеют высокие показатели надежности и достоверности выдаваемой информации за счет модульного принципа построения и наличия системы реконфигурации, которая при возникновении сигнала неисправности от системы аппаратного контроля модуля автоматически исключает его из состава комплекса и восстанавливает прерванный вычислительный процесс. Большое значение в достижении высоких показателей надежности имеет система тестовых и диагностических программ (СТДП).

Отличительной особенностью тестовых и диагностических программ является их способность обрабатывать динамические ситуации по сбоям и отказам, зафиксированные как на тестовых программах, так и на программах пользователя. Набранная статистическая информация по сбоям и отказам модуля используется для принятия решения о необходимости профилактики или ремонта устройства.

Госкомиссия подтвердила выше названные характеристики МВК Эльбрус-1 и МВК Эльбрус-2 и зафиксировала следующие показатели производительности:

— производительность МВК Эльбрус-1 до 15 млн операций в секунду, МВК Эльбрус-2 до 125 млн операций в секунду, емкость памяти МВК Эльбрус-1 до 1 Мслов, МВК Эльбрус-2 до 16 Мслов;

— коэффициент контролируемой готовности при 20 % резервирования для МВК Эльбрус-1 и МВК Эльбрус-2 — 0,9998;

За создание «Эльбрус-2» удостоены:

Ленинской премии — Б.А. Бабаян, А.А. Новиков, Ю.С. Рябцев, Ю.Х. Сахин, С.В. Семенихин;

Государственной премии — В.С. Бурцев, Г.И. Гришаков, О.К. Гушин, Ф.П. Галецкий, В.Я. Горштейн, Г.С. Ким, Г.Л. Лакшин, В.Н. Лаут, А. В. Мальшин, Л.Н. Назаров, И.Н. Определенов, В.Н. Пырченков, Г.Г. Рябов, М.В. Тяпкин, И.К. Хайлов, В. С. Чунаев.

### **СВС, ВК «Эльбрус 1-КБ» (1-КБ)**

Главный конструктор: М.В. Тяпкин; зам. главного конструктора — руководители разработки общесистемного программного обеспечения: Ф.Р. Цанг (СВС), В.Ф. Тюрин.

Руководитель разработки оперативной памяти: М.Д. Великовский; руководитель разработки трансляторов для новых режимов: М.Г. Чайковский.

Организация-разработчик: Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева АН СССР, Московский завод САМ и Загорский электромеханический завод.

Завод-изготовитель: Московский завод САМ.

**СВС (специальная вычислительная система)** — процессор в составе МВК Эльбрус-1, полностью воспроизводящий систему команд ЭВМ БЭСМ-6. Прошел испытания совместно с МВК Эльбрус-1 в 1980 г. На СВС проводилась отработка конструкции МВК Эльбрус-2 и программ автоматизации проектирования для элементной базы с задержкой 2—3 нс, проводимой под руководством Г. Г. Рябова (система «Пульс»).

СВС размещался в одном шкафу МВК Эльбрус-2.

Выпускалась серийно с 1980 по 1988 г.

Было выпущено около 50 экземпляров.

Процессор СВС увеличивал скорость прохождения программ БЭСМ-6 в 2-3 раза и давал возможность использовать все стандартные внешние устройства ЕС ЭВМ и внешнюю память на магнитных барабанах.

За разработку СВС М.В. Тяпкин был награжден Государственной премией в составе коллектива разработчиков МВК Эльбрус-2.

#### **ВК «Эльбрус 1-КБ» (1-КБ)**

Процессор «Эльбрус 1-КБ» является модернизацией СВС, существенно расширяющей дальнейшее использование этого процессора как в составе МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2, так и в составе вычислительного комплекса Эльбрус 3-1 в качестве периферийного процессора и в составе ВК, включающего от 1 до 4 процессоров.

Отличительной особенностью 1-КБ от СВС является введение двух дополнительных режимов работы наряду с режимом полной совместимости с БЭСМ-6 (реализованной в СВС). Первый из них расширяет виртуальное адресное пространство до 27 разрядов. Второй дополнительный режим позволяет кроме увеличения адреса увеличить разрядность слова до 64 разрядов с введением операций над целыми числами с литеральным заданием констант и др.

1-КБ размещается в двух стандартных шкафах МВК Эльбрус, в одном из которых находится оперативная память, в другом — процессор, каналы ввода-вывода и два дуплексных широкополосных канала на 64 разряда.

1-КБ мог использоваться как машинный комплекс, имеющий в своем составе от 1 до 4 процессоров и работающий на одну внешнюю память.

*Основные технические характеристики:*

Производительность — от 4 до 6 млн операций с плавающей запятой в секунду.

Оперативная память — 64 Мб.

Магнитные диски — 800 Мб (типовой вариант).

Площадь — 80 кв. м.

Энергопотребление — 25 кВт.

Наработка на отказ — 2000-3000 ч.

Год окончания разработки: 1988. Год начала серийного выпуска: 1988. Год прекращения производства: 1992. Число выпущенных машин: более 60.

В 1991 г. коллективу разработчиков ЭВМ «Эльбрус 1-КБ» была присуждена премия Совета Министров СССР. В числе награжденных сотрудники ИТМ и ВТ: М.В. Тяпкин, В.Ф. Тюрин, Н.Е. Балакирев, М.Д. Великовский, В.Б. Вовк, А.А. Гостица, С.А. Зельдинова, И.Н. Кузнецов, О.Н. Сердюкова, М.Г. Чайковский, Ю.С. Коротаяев, В.Д. Сидоров-Бирюков, сотрудники завода САМ: В.И. Ковалев, Р.И. Рогалев и сотрудник НИВЦ МГУ В.М. Репин.

### **Модульный конвейерный процессор (МКП)**

Главный конструктор: А.А. Соколов, заместители главного конструктора: В.Л. Ли и А.Ю. Бяков.

Основные разработчики аппаратуры: А.Ю. Губанов, В.А. Жуковский, М. Д. Великовский, Л.Ф. Чайковский, А.Ф. Завельский, Л.А. Зак, О.К. Щербаков, А.В. Леоненко, Ю.Н. Корольков, Л.Г. Матясова, В.М. Агапов, В.В. Голубев и др.

Ведущие разработчики программного обеспечения: М.А. Белов, В.М. Родионов, А.В. Маев, Н.Е. Карабутова, Б. Д. Никитин, Н.К. Скурат, И.М. Сазанов, Т.М. Суслова, С.Ф. Ренькас, М.Г. Чайковский, М.А. Калинин, А.Н. Мукин и др.

Разработка начата в 1979 г. и завершена в 1989 г. До 1995 г. было изготовлено 4 МКП.

Если в состав МВК Эльбрус-1 и МВК Эльбрус-2 в качестве центральных процессоров могли входить процессоры, ориентированные на решение определенного класса задач — БПФ, СВС, векторный процессор, то при построении новой вычислительной системы была поставлена задача ориентации одного и того же процессора на различные классы задач путем подбора модулей исполнительных устройств внутри этого процессора. Таким процессором с одной и той же системой команд и управлением, но с разными исполнительными устройствами, был задуман модульный конвейерный процессор МКП. Ввиду сложностей с финансированием этого проекта, техническое задание на него было скорректировано в сторону упрощения, то есть на решение одного класса задач, а именно задач математической физики.

Модульный конвейерный процессор МКП обладал (для 80-х годов) исключительно высокой производительностью, которая достигалась распределением скалярных и векторных операций по разным асинхронно работающим блокам, связанным с локальной памятью большого объема. В МКП были реализованы элементы архитектуры MIMD, то есть выполнялись два независимых потока команд, обрабатывающих несколько потоков данных.

Векторная обработка в МКП осуществляется итеративными операциями над наборами упорядоченных данных — векторами, размещенными в локальной памяти.

Эта обработка дополняется более медленными операциями переупорядочения расположения компонентов векторов в локальной памяти. Скалярные операции, выполняемые на том же оборудовании, что и векторные, обеспечивают такую обработку данных, которая эффективно не реализуется только векторными операциями.

Внешний обмен МКП обеспечивался специализированным модулем — адаптером системного канала (АСК), который имел выход в системный канал.

*Элементная база:* заказные большие интегральные ECL-схемы (БИС), а также схемы средней степени интеграции серии К-1500.

*Конструкция:* наиболее крупный конструктивный модуль — шкаф — содержит до семи рам, причем одна из них неподвижная, а шесть — поворотные. Каждая рама содержит две большие многослойные печатные платы (420x450 мм). На одной плате может быть установлено до 140 БИС. Характерной особенностью конструкции является установка БИС на съемных микроячейках, что существенно повышает ремонтпригодность устройств, а также позволило ускорить разработку системы.

В конструкции МКП применено водяное охлаждение, причем охлаждающая жидкость по системе трубок подводится непосредственно к каждой БИС.

При проектировании МКП и заказных БИС, входящих в него, была использована специально разработанная в ИТМ и ВТ под руководством Г. Г. Рябова и при участии Г. Л. Лакшина, Ю.С. Коротаева, А. Н. Воздвиженского, О.К. Гушина и др. система автоматизированного проектирования «Пульс».

Государственная комиссия дала высокую оценку разработке и подтвердила следующие *технико-эксплуатационные характеристики* МКП:

— производительность одного процессора: на совмещенной скалярно-векторной обработке — до 1500 Mips на скалярных операциях — до 100 Mips;

— тактовая частота — 80 МГц;

— объем локальной памяти МКП — до 8 млн 64-разрядных слов. Расслоение на 32 модуля обеспечивает 8 потоков слов с темпом обмена одно слово в такт для каждого потока. Управление локальной памятью имеет 12 портов подключения к различным блокам МКП, в том числе и для обеспечения внешнего обмена.

МКП в 1993 г. прошел государственные испытания в составе ВС Эльбрус 3-1. Госкомиссия отметила высокий профессиональный уровень разработки МКП.

## Вычислительная система (ВС) Эльбрус 3-1

Главный конструктор: Г. Г. Рябов.

Основные исполнители: коллективы, участвовавшие в создании ВК Эльбрус 1-КБ и МКП.

ВС Эльбрус 3-1 структурно представляет собой модульную систему, включающую в себя несколько подсистем. Процессорная подсистема, основным элементом которой являлся модульный конвейерный процессор (МКП) с локальной памятью, массовая память, подсистема высокоскоростной дисковой памяти и подсистема внешних устройств, подсистема внешней машины на базе ВК Эльбрус 1-КБ. Каждая из перечисленных частей ВС Эльбрус 3-1 может в свою очередь состоять из нескольких компонентов.

Связующим ядром, объединяющим различные компоненты в единое целое, являлась система коммутации и передачи данных, к которой, в зависимости от конкретной реализации, может быть подключено до 64 компонентов. Коммутационная система называется также системным каналом, а объединяемые ею компоненты — его абонентами. В частности, МКП является одним из абонентов.

*Типовое математическое обеспечение* системы ВС Эльбрус 3-1 состоит из следующих основных компонентов:

- операционной системы (ОС МКП);
- систем программирования;
- тестов и обслуживающих программ;
- программного обеспечения пультовой и внешней (front-end) ЭВМ.

ОС МКП поддерживает удаленный диалог и управление заданиями для МКП, обеспечивает выполнение процессов одного задания на разных МКП многопроцессорной системы ВС Эльбрус 3-1, а также межзадачное взаимодействие в рамках локальных и глобальных многозадачных подсистем.

Внешний обмен МКП обеспечивался специализированным модулем — адаптером системного канала (АСК), который имел выход в системный канал.

В состав ВС Эльбрус 3-1 кроме МКП через специальные устройства сопряжения (адаптеры) могли подключаться различные внешние абоненты — модули массовой памяти, устройства внешней памяти, устройства ввода-вывода, вычислительные машины других типов — ВК Эльбрус 1-КБ, высшие модели ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ и др.

Модули массовой памяти (МОП) ВС Эльбрус 3-1 составляли оперативную память второго уровня, общедоступную для всех компонентов ВС. Каждый модуль массовой памяти имел емкость 512 Мбайт и был разделен на четыре независимые секции по 128 Мбайт каждая. Память в модуле имела словную структуру при длине слова равной 64 информационным двоичным разрядам и 8 контрольным разрядам.

Коммутационная система позволила обеспечить большую гибкость вычислительных систем, реализуемых на ее основе, и создавать разнообразные структуры связей между абонентами.

ВС Эльбрус 3-1 в 1993 г. прошел испытания Государственной комиссии. Испытания показали эффективность выбранных архитектурных и схемотехнических решений.

### **«Электроника СС БИС»**

Главный конструктор: академик РАН В. А. Мельников, первый зам. Главного конструктора: член-корреспондент РАН Ю.И. Митропольский, заместители Главного конструктора: член-корреспондент РАН В.П. Иванников, А.И. Малинин.

СуперЭВМ «Электроника СС БИС» была создана коллективом, организованным в соответствии с совместным решением Министерства электронной промышленности СССР и Академии наук СССР в 1978 г. Была поставлена задача создания системы с высокой производительностью на основе проведения широкого фронта исследований по микроэлектронике, оптоэлектронике и по другим направлениям. Система предназначалась для решения наиболее крупных задач в областях ядерной физики, метеорологии, геологии, авиастроения, космонавтики, микроэлектроники и др.

Разработка проводилась в НИИ «Дельта» МЭП, Институте проблем кибернетики РАН и в ряде других организаций МЭП СССР и АН СССР.

Ведущая организация-изготовитель — Производственное объединение «Кварц». По кооперации изготовление ряда устройств выполнялось на 4 предприятиях, поставки комплектующих, специально разработанных для системы, выполнялись 30 предприятиями.

В 1985 г. были проведены испытания опытного образца, в 1989 г. — испытания головного образца на тестах, в 1991 г. — испытания программного обеспечения на головном образце. Было изготовлено и частично поставлено заказчикам 4 образца системы. Финансирование работ со стороны МЭП СССР было прекращено в 1992 г., в 1993 г. РАН было принято решение о прекращении работ.

*Основные особенности:*

В основу разработки были положены следующие концепции:

- проблемная ориентация основных вычислительных средств. Была реализована векторно-конвейерная машина. Планировалось включение в систему машины с массовым параллелизмом и комбинаторной машины для нечисловой обработки данных;
- функциональная специализация вспомогательных средств;
- открытая архитектура для объединения этих средств с помощью системы специализированных каналов.

К основным особенностям системы следует отнести:

- повышение степени параллелизма за счет параллельного и конвейерного выполнения операций;
- интенсивное использование синхронных конвейерных схем;
- специализация функциональных и запоминающих устройств;
- использование интеллектуального контроллера для внешней полупроводниковой памяти;
- построение двухпроцессорной системы на основе общей внешней полупроводниковой памяти;
- развитая система диагностики, обнаружения и исправления ошибок.

*Элементная база и конструкция.*

В рамках создания системы были разработаны и освоены следующие компоненты и узлы:

- высокочастотные интегральные схемы типа ЭСЛ с задержкой на один логический уровень 0,5 нс и матричные БИС;
- БИС памяти типа ЭСЛ и КМОП;
- керамические безвыводные корпуса и контактирующие устройства для них;
- многослойные высокочастотные печатные платы;
- микрокабель;
- высокочастотные соединители с согласованными контактными парами;
- блоки и стойки вторичного электропитания;
- низкотемпературные тепловые трубки и тепловые разъемы;
- стойки фреонового и водяного охлаждения;
- установки функционального контроля.

В центральном процессоре использованы схемы типа ЭСЛ среднего уровня интеграции и матричные БИС. Корпуса ИС устанавливаются в контактирующие устройства, которые также обеспечивают прижим их к теплоотводящей трубке с фреоном. В каждом из 50 блоков процессора может быть установлено до 144 БИС. Общее число вентиляторов около 1 млн. Тактовая частота 100 МГц. Аналогичная конструкция использована в контроллере внешней полупроводниковой памяти.

В оперативной памяти также использованы схемы ЭСЛ. БИС памяти и ИС управления установлены на тепловых трубках, закрепленных в тепловых разъемах блоков, которые в свою очередь контактируют с тепловой плитой, охлаждаемой фреоном.

Во внешней полупроводниковой памяти использованы схемы типа КМОП.

*Состав системы и технические параметры.*

В состав вычислительной системы «Электроника СС БИС/1» входят следующие подсистемы.

Подсистема основной машины состоит из центрального процессора, оперативной памяти и управляющей машины.

Центральный процессор ориентирован на обработку скалярных и векторных операндов, состоящих из 64-разрядных слов, и 24-разрядных адресных операндов. В процессоре имеется буферная адресуемая память 5 типов — 8 векторных регистров, каждый из которых содержит до 64 элементов — 64-разрядных слов; 8 скалярных регистров; 64 промежуточных скалярных регистра; 8 адресных регистров и 64 промежуточных адресных регистра. Оперативная память имеет объем 4 млн слов

(64 информационных и 8 контрольных разрядов). Указанные регистры связаны соответственно с 7 функциональными устройствами для векторной обработки, с 7 — для скалярной и с 2 — для адресной. За счет зацепления возможно получение 3 результатов в такт на векторных операциях. Параллельно выполняются векторные и скалярные операции. Пиковая производительность одного процессора составляет около 250 млн результатов операций с плавающей запятой в секунду. Управляющая машина, выполненная на ЭВМ «Электроника 79», выполняет функции начальной загрузки системы, управления работой функциональных и диагностических тестов.

Подсистема внешней полупроводниковой памяти состоит из запоминающего устройства, контроллера внешней памяти и управляющей машины.

Запоминающее устройство имеет объем 32 млн слов (64 информационных и 16 контрольных разрядов). Контроллер состоит из устройства связи с запоминающим устройством, устройства исправления двойных и обнаружения многократных ошибок, специализированного процессора и двух портов для подключения к основным машинам. Специализированный процессор предназначен для реализации различных методов доступа к внешней памяти со стороны основной машины. По заданию-директиве от основной машины программа специализированного процессора во время обмена данными между оперативной памятью и внешней памятью осуществляет формирование адресов этих данных во внешней памяти по заданному алгоритму. Возможно вычисление адресов по любому закону или выборка их из списка. В результате пересылке в основную машину подлежат только полезные данные, что способствует экономии оперативной памяти и снижает загрузку канала связи с основной машиной, который имеет пропускную способность до 150 млн байт/с. Наличие у внешней памяти двух портов позволяет построить двухпроцессорную систему из двух основных машин, имеющих доступ к общей внешней памяти большого объема.

Подсистема дисковой памяти состоит из 2-4 контроллеров, к каждому из которых возможно подключение до 8 накопителей типа ЕС-5063 объемом 317,5 Мбайт, и управляющей ЭВМ.

Подсистема внешних машин предназначена для подключения периферийного оборудования, выхода на сети ЭВМ и предварительной подготовки задач.

Системное программное обеспечение было создано с использованием имитационного комплекса основной машины, предназначенного для разработки и отладки программного обеспечения основной машины на инструментальной ВК Эльбрус 1-КБ.

## **Раздел 5 ПУБЛИКАЦИЯ ДОКУМЕНТОВ**

### **Подборка поздравительных телеграмм и писем в адрес С. А. Лебедева<sup>1)</sup>**

#### **По случаю присуждения Сталинской премии в 1950 г.**

4 марта 1950 г. = Киев, Костельная 4, кв. 22. Академику Лебедеву. Сердечно поздравляем — Лаврентьевы.

4 марта 1950 г. = Киев, ул. Чкалова, 55-Б, Институт электротехники. Академику Лебедеву. Копия — Цукернику. Горячо поздравляем присуждением Сталинской премии, желаем новых успехов — академик Патон, Борис Патон, Медовар.

4 марта 1950 г. = Киев, Костельная 4, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу. Горячо поздравляем присвоением высокого звания лауреата Сталинской премии, с искренним приветом — Боголюбов.

Москва, 4 марта 1950 г. = Киев, Костельная 4, кв. 21, Лебедеву. Поздравляю лауреатов, наконец-то — Нетушил.

#### **В связи с пятидесятилетием С. А. Лебедева**

Правительственная телеграмма 29 октября 1952 г. = Москва, Калужское шоссе, 71 А, Институт точной механики и вычислительной техники.

Президиум Академии наук СССР поздравляет действительного члена АН УССР профессора Сергея Алексеевича Лебедева в связи с пятидесятилетием со дня рождения и желает здоровья и творческих сил для дальнейшей столь же плодотворной работы во славу нашей Родины и передовой советской науки — президент Академии наук Союза академик Несмеянов, главный ученый секретарь Президиума Академии наук Союза академик Топчиев.

#### **По случаю избрания С. А. Лебедева действительным членом АН СССР**

Правительственная телеграмма, 24 октября 1953 г. = Москва, Новопесчаная ул., корпус 55, квартира 12, Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Президиум Академии наук Союза поздравляет Вас с избранием в действительные члены Академии наук Союза и приглашает принять участие в заседании Общего

<sup>1)</sup> Приводится лишь небольшая часть телеграмм и писем, поступивших в адрес С. А. Лебедева. Публикация подготовлена Н.С. Лебедевой.

собрания Академии 26 октября /в/ 12 часов, посвященном выборам членов Президиума и другим оргвопросам. Вечером 26 октября состоится прием по случаю выборов = Президент Академии наук Союза академик Несмеянов, ученый секретарь Президиума Академии наук Союза Топчиев.

Киев, Феофания. 29 октября 1953 г. Автограф.

Глубокоуважаемые Сергей Алексеевич и Алиса Григорьевна!

От всего сердца поздравляем с присвоением Сергею Алексеевичу высокого звания действительного члена Академии наук СССР.

Сергею Алексеевичу желаем и в дальнейшем плодотворной работы и больших успехов на фронте советской науки.

Желаем Вам всем, Лебедевым, здоровья, счастья, удачи.

Глубоко уважающие Вас Черняки.

Немного о себе.

Недавно мне нашли второго оппонента — инженер-полковник Дьяков Владимир Андреевич. Завтра, послезавтра разошлем авторефераты. Очевидно, защиту назначат в конце ноября.

Алиса Григорьевна! Мы будем очень рады, если Вы тоже приедете на мою защиту.

Наши все здоровы. Светка учится в первом классе, живет с бабушкой в Дарнице. Из ваших фруктовых осталось 72 руб. неиспользованных.

С приветом. Глубоко уважающий Вас Р. Черняк.

29.10. 53 г.

### **По случаю присвоения С. А. Лебедеву звания Героя Социалистического Труда**

22 июня 1956 г. = Москва, Новопесчаная, корпус 55, квартира 12, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Отделение физико-математических наук поздравляет Вас высокой правительственной наградой — присвоением Вам звания Героя Социалистического Труда, желает Вам дальнейших успехов /в/ науке /на/ благо нашей Родины = академик Лаврентьев.

Киев, 22 июня 1956 г. = Москва, Новопесчаная, корпус 55, кв. 12, академику Лебедеву.

Сердечно поздравляем высшей наградой, от души желаем здоровья, счастья, новых выдающихся успехов = Патон.

Тбилиси, 23 июня 1956 г. = Москва, В-134, Калужское шоссе 71А, Институт точной механики и вычислительной техники, академику Лебедеву.

Дорогой Сергей Алексеевич, горячо поздравляю Вас заслуженной высокой наградой, желаю дальнейших успехов в Вашем деле, которым вы руководите = академик Мусхелишвили.

25 июня 1956 г. Досылается Москвы 71, доставить Калужское шоссе 71А, Институт точной механики и вычислительной техники. Москва, Большая Калужская 14, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Сердечно поздравляю высоким званием Героя Социалистического Труда, желаю новых успехов = Кисунько.

### **В связи с шестидесятилетием С. А. Лебедева**

Киев, 31 октября 1962 г. Автограф.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич!

От всего сердца поздравляем Вас со славным юбилеем и желаем Вам прежде всего здоровья, здоровья и еще раз здоровья.

Желаем Вам и дальнейших творческих успехов, сил, бодрости, благополучия и счастья. Нам приятно в этот час присоединить и свой скромный голос к единодушной высокой оценке Ваших больших заслуг перед наукой и государством.

Ваш жизненный путь — это славный путь ученого-патриота, неутомимо трудящегося на благо нашей Родины.

Мы, Ваши ученики, с большой теплотой вспоминаем дни совместной работы с Вами и стараемся воспитывать в себе качества, присущие Вам — целеустремленность и страстность в работе, фундаментальный подход к решаемым проблемам, большую человечность и преданность нашим идеалам.

Вместе с Вами поздравляем Алису Григорьевну и Вашу большую семью. Трудно переоценить вклад Алисы Григорьевны в дело создания благоприятных условий для Вашей работы, в воспитание и организацию Вашей дружной, образцовой семьи.

Еще раз желаем всем Вам всего, что есть, наилучшего.

Черняки Ростислав, Женя, бабушка, Света, Юра.

Киев, 1 ноября 1962 г. = Москва, Ленинградское шоссе, Новопесчаная 55, кв. 12 Лебедеву.

Дорогой Сергей Алексеевич, старая феофанская гвардия поздравляет Вас с юбилеем и высокой наградой. Желаем много лет продолжать Вашу замечательную деятельность на благо нашей Родины.

2 ноября 1962 г. Правительственная телеграмма = Москва, В-333, Ленинский проспект 51, Институт точной механики, академику Лебедеву.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, в день Вашего юбилея шлю Вам сердечный привет и самые наилучшие пожелания = Келдыш.

Киев, 2 ноября 1962 г. Правительственная телеграмма = Москва, А-252, Новопесчаная 21, корпус 1, квартира 12, академику Лебедеву.

От имени Президиума Академии наук УССР и от себя лично сердечно поздравляем Вас, глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, /с/ Вашим славным юбилеем и награждением орденом Ленина. Желаю доброго здоровья, счастья и дальнейших успехов /в/ Вашем большом и плодотворном труде во славу любимой Родины = Патон.

Ереван, 1 ноября 1962 г. = Два адреса, вручить 2-го Москва В-333, Ленинский проспект 51, Директору Института точной механики и вычислительной техники АН СССР, копия Герою Социалистического Труда академику Лебедеву С. А.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, Ваши исключительные заслуги в деле развития вычислительной техники и в подготовке научных кадров хорошо известны в нашей стране. Вы заслуженно пользуетесь уважением и любовью большого коллектива советских научных работников, хорошо знакомых с Вашей деятельностью. Президиум Академии наук Армянской ССР горячо поздравляет Вас в день Вашего шестидесятилетия и желает Вам многих лет здоровья, успехов в работе и счастья в личной жизни = Амбарцумян.

Минск, 3 ноября 1962 г. = Москва В-33, Ленинский проспект 51, Оргкомитет.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, мы рады приветствовать Вас как выдающегося ученого, зачинателя работ по вычислительной технике и одного из основоположников развития отечественной промышленности счетных машин, желаем много лет жизни, больших успехов /в/ работе = по поручению сотрудников Института математики /и/ вычислительной техники АН БССР академики АН БССР Еругин, Крылов.

Вильнюс, 2 ноября 1962 г. = Москва, Вычтех, ученому совету.

Участники литовского республиканского семинара /по/ применению современной вычислительной техники /в/ народном хозяйстве горячо поздравляют основателя советской вычислительной техники академика Сергея Алексеевича Лебедева /с/ юбилеем, желают долгих лет, наилучших успехов для новых МЭСМ, БЭСМ = Оргкомитет.

Рига, 2 ноября 1962 г. = Москва, В-312 Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники академику Лебедеву С.А.

От имени вычислительного центра Латвийского/ Государственного/ Университета/, ассоциации БЭСМ и от себя лично поздравляю Вас, глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, с Вашим шестидесятилетием и желаю еще многих лет здоровья, бодрости и творческих успехов на благо нашей Родины. Ваши труды и труды Ваших учеников внесли неоценимый вклад в развитие науки и народного хозяйства страны. Весь коллектив нашего вычислительного центра в этот торжественный день с особой благодарностью и радостью мысленно участвует в чествовании дорогого юбиляра = Аринь.

2 ноября 1962 г. = Москва, А-252, Новопесчаная улица, дом 21, корпус 1, кв. 12, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Кафедра электрических систем /МЭИ — сост./ горячо поздравляет Вас, дорогой Сергей Алексеевич, с Вашим славным юбилеем. Несколько поколений научных работников кафедры считают Вас своим учителем и основателем того научного направления, по которому идет их деятельность. Все мы от души желаем здоровья, счастья, многих лет жизни. Поздравляем Алису Григорьевну и все Ваше семейство = заведующий кафедрой Веников.

Тбилиси, 3 ноября 1962 г. = Москва, Ленинский проспект 51, Институт точной механики академику Лебедеву.

Горячо поздравляю выдающегося советского ученого и инженера, создателя первых советских электронных вычислительных машин Сергея Алексеевича Лебедева /с/ шестидесятилетием со дня рождения. Состояние здоровья не позволяет мне лично принять участие /в/ Вашем чествовании. Желаю Вам здоровья, долгих лет жизни = директор Института электроники Арчил Элиашвили.

[10 ноября 1962 г. Подлинник, машинопись.]

Академику товарищу Лебедеву С.А.

Многоуважаемый Сергей Алексеевич!

Горячо и сердечно поздравляю Вас с шестидесятилетием со дня рождения и награждением Вас высокой правительственной наградой — орденом Ленина за заслуги в области вычислительной техники и электротехники.

Искренне желаю Вам доброго здоровья, всяческого благополучия и многих лет плодотворной деятельности на благо нашей горячо любимой Родины. С глубоким уважением Маршал Советского Союза С. Бирюзов. 10 ноября 1962 г.

**По случаю присуждения Государственной премии  
разработчикам БЭСМ-6**

Киев, 9 ноября 1969 г. = Москва, Д-252, Новопесчаная 21, кв. 12. Академику Лебедеву.

Дорогих Сергея Алексеевича, Алису Григорьевну, всю семью горячо поздравляем /с/ праздником — государственной премией = Ваши Цукерники.

Правительственная телеграмма, 10 ноября 1969 г. = Москва В-333 Вычтех Лебедеву.

Лебедеву, Мельникову, Лауту, Королеву, Соколову, Тяпкину, Смирнову, Заку, Томлину, Семешкину, Иванову. Поздравляю Вас /с/ присуждением государственной премии /за/ разработку /и/ внедрение /в/ народное хозяйство высокопроизводительной универсальной электронной вычислительной машины БЭСМ-6. Создание высокопроизводительных вычислительных комплексов важно /для/ автоматизации научных исследований, проектирования, обработки, экономической информации, управления предприятиями, хозяйствами, службами. Желаю дальнейших творческих успехов. = Руднев <sup>1)</sup>.

Правительственная телеграмма 11 ноября 1969 г. = Москва, Вычтех, Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Уважаемый Сергей Алексеевич, поздравляю Вас и коллектив разработчиков БЭСМ-6 с высокой наградой — присуждением государственной премии, желаю Вам доброго здоровья, дальнейших успехов в деле развития вычислительной техники на благо нашей Родины. С уважением = МК-1753 Москва К-74 Нектар Сулим.

12 ноября 1969 г. = Москва В-333, Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники академику Лебедеву.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, горячо поздравляю Вас /с/ присуждением государственной премии. Желаю здоровья, дальнейших творческих успехов = Басов.

Ноябрь 1969 г. Машинописная лента, наклеенная на бланк телеграммы.  
ИТМ и ВТ, лауреату Государственной премии, академику С.А. Лебедеву.  
Мы все уверены, не скроем:  
Таланту Вашему под стать  
Плюс к Золотой Звезде Героя  
Лауреатом трижды стать  
Инженеры ВЦ [Вычислительного центра — сост.]

<sup>1)</sup> Руднев Константин Николаевич (1911-1980), в июне 1961 — октябре 1965 г. заместитель председателя Совета Министров СССР, председатель Государственного комитета по координации научно-исследовательских работ.

**В связи с семидесятилетием С. А. Лебедева**

/Новосибирск/, 30 октября 1972 г. [Подлинник, машинопись.]

Дорогой Сергей Алексеевич!

Вместе с Верой Евгеньевной и всеми Лаврентьевыми шлем Вам сердечные и наилучшие пожелания в день Вашего славного 70-летия.

Мы все помним наши близкие отношения, сложившиеся в гг. Киеве, Москве и сохранившие теплоту и искренность, когда мы оказались географически далеко друг от друга. Ряд лет у нас был особенно близкий контакт в общем деле создания советской вычислительной индустрии. Ваши научные идеи, талант, энтузиазм, огромная работоспособность и целеустремленность обеспечили нашей Родине возможность выйти на передний край в развитии этой важнейшей области науки и техники.

Еще раз поздравляем Вас и Вашего верного друга и помощника Вашу жену Алису Григорьевну со славным юбилеем.

М. Лаврентьев.

Новосибирск, 30 октября 1972 г. = Москва, Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, коллектив Вычислительного центра Сибирского отделения приветствует Вас, выдающегося ученого и конструктора, в день успешного выхода на новые рубежи в развитии советской вычислительной техники = от имени сотрудников Вычислительного центра академик Марчук.

2 ноября 1972 г. [Автограф.]

Дорогой и глубокоуважаемый Сергей Алексеевич!

Сердечно поздравляю Вас с Вашим славным юбилеем и шлю Вам самые лучшие пожелания — бодрости, здоровья, успехов в научной деятельности. В мои годы хорошо понимаешь, что значит «45 лет научной деятельности», особенно когда они сопровождались столь значительными успехами в работе, как это имело место у Вас.

И так как «действие равно противодействию», то я легко представляю себе, сколько препятствий Вам пришлось преодолеть, чтобы достигнуть того, что Вам удалось сделать в Вашей жизни.

Создание первоклассного Института в Академии наук, заслуженное имя в промышленности — все это требовало огромных усилий и одновременно напряженной работы над основной тематикой, которой Вы посвятили всю Вашу жизнь.

Большое количество талантливых учеников — продолжателей лебедевской школы — это самый лучший памятник, который может создать ученый и оставить после себя.

Судьба наградила Вас талантом ученого и изобретателя, но мы-то с Вами знаем, что талант — это условие, необходимое для успеха, но отнюдь не достаточное. Большие знания и в первую очередь беззаветный труд — вот что требуется для больших успехов. Труд, труд и труд!

Ваша жизнь — это трудовой подвиг и прекрасный пример для Ваших учеников. Пусть они будут достойны своего учителя!

Пользуюсь случаем, чтобы передать самые лучшие пожелания Вашей милой супруге, которую я узнал во время нашей совместной с Вами поездки в Болгарию.

Дружески обнимаю Вас и очень рад, что мне довелось узнать Вас и вместе поработать.

Ваш А.Л. Минц.

1 ноября 1972 г. = Москва, В-333 Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники, академику Лебедеву.

Дорогой Сергей Алексеевич, сердечно поздравляю с юбилеем. Желаю всемирного роста ценному семейству Ваших машин = директор Математического института академик Виноградов.

Киев, 1 ноября 1972 г. = Москва Д-252. Новопесчаная 21, кв. 12, Лебедеву.

Дорогой Сергей Алексеевич, поздравляем /с/ днем рождения, невозможно выразить словами наши чувства, сердечные пожелания. Горячо обнимаем, целуем Вас, Алису Григорьевну, детей = любящие /Вас/ Лев, Ирина Цукерники.

Правительственная телеграмма, 2 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Песчаная 21, корпус 1, квартира 12, академику Сергею Алексеевичу Лебедеву.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, Президиум Академии наук СССР сердечно поздравляет Вас /с/ семидесятилетием со дня рождения и высокой правительственной наградой — орденом Ленина. Желаем Вам здоровья и благополучия. = Келдыш, Миллионщиков, Котельников, Скрыбин.

Правительственная телеграмма, 2 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Песчаная 21, корпус 1, квартира 12, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, примите мои сердечные поздравления, самые добрые пожелания по случаю Вашего семидесятилетия и награждения орденом Ленина. = Ваш Келдыш.

Правительственная телеграмма, 2 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Новопесчаная 21, корпус 1, квартира 12, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, коллегия Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления сердечно поздравляют Вас с днем рождения и высокой правительственной наградой за Ваш выдающийся вклад в развитие вычислительной техники в нашей стране. Желаем Вам доброго здоровья и большого личного счастья = Руднев, Третьяков, Базилевский, Маткин.

2 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Новопесчаная 21, корпус 1, квартира 12, Сергею Алексеевичу Лебедеву.

Дорогой Сергей, поздравляем тебя с днем рождения. По давнишней ошибке мне тоже в этом году волею судеб семьдесят. Мы оба стали вроде близнецов. Давай стараться и дальше жить как подобает близнецам, не хворать и работать. Что может быть интереснее в нашем возрасте? Семью поздравляем с именинником, целуем = Таня, Николай Васильевич <sup>1)</sup>).

<sup>1)</sup> Николай Васильевич Кузьмин — муж Т.А. Лебедевой (Мавриной), член-корреспондент Академии художеств СССР, талантливый график, иллюстрировавший произведения А.С. Пушкина, А.С. Грибоедова, М.Ю. Лермонтова, Н.В. Гоголя, Н.С. Лескова, М. Е. Салтыкова-Щедрина и др., автор нескольких книг о профессии художника. В этот же день, Татьяна Алексеевна, думая, что ее брат все еще в больнице, послала туда следующую телеграмму: «Дорогой Сергей, поздравляю тебя с днем рождения. Недавно вспоминала, как мы пятьдесят три года тому назад в теплушке приехали из Симбирска и ты нас трех сестер и маму вез. Привет сердечный = твоя Таня».

2 ноября 1972 г. = Москва, Вычтех, академику Лебедеву.

Сердечно поздравляю, уважаемый Сергей Алексеевич, юбилейной датой, желаю доброго здоровья, новых больших успехов /в/ Вашей работе на благо Отечества = Дружинин [Помета от руки: «Зам. начальника Генштаба М.О.» — сост.]

2 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Новопесчаная 21, кв.12, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Большого, скромного ученого, друга, /в/ день 70-летия хочется просить принять низкий поклон за то, что Вы дали возможность познать мудрость, мужество, цену настоящей дружбы. С глубоким уважением, Ваши старые друзья = Ляшко, Гольдфарбы, Займовские.

Тбилиси, 2 ноября 1972 г. = Москва, В-333, Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники, академику Сергею Алексеевичу Лебедеву.

От имени коллектива сотрудников Тбилисского математического института и от себя лично горячо поздравляю Вас со славным семидесятилетием. Желаем Вам, дорогой Сергей Алексеевич, доброго здоровья, счастья, дальнейших творческих успехов = академик Мухелишвили.

2 ноября 1972 г. = Москва, В-333, Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники, академику Сергею Алексеевичу Лебедеву.

Дорогой, глубокоуважаемый Сергей Алексеевич, сердечно поздравляем Вас /с/ юбилеем и высокой правительственной наградой. Высоко ценим Вашу деятельность первого создателя советских вычислительных машин, крупного ученого, конструктора, создателя замечательной школы. Примите наши самые теплые чувства = Ляпуновы.

Новосибирск, 2 ноября 1972 г. = Москва, В-333, Ленинский проспект 51, Институт точной механики и вычислительной техники, Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Дорогой Сергей Алексеевич, от имени коллектива Института математики С/ибирского/ о/тделения/ АН и от себя лично горячо поздравляю Вас, одного из создателей советской вычислительной техники, со славным семидесятилетием. Ваши огромные заслуги ценит вся наша страна = Соболев.

Киев, 2 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Новопесчаная 21. Кв.12, Лебедеву.

Дорогого папу поздравляем /со/ славным 70-летием, навсегда очарованы Вашей гениальностью и простотой, искренне любящие Вас = Тимошенки.

2 ноября 1972 г. = Москва А-252, Песчаная 17, корпус 55, кв. 12 Академику Лебедеву.

Дорогой Сергей Алексеевич, мы, Ваши старые сотрудники и ученики, храня в памяти счастливые годы совместной работы в ВЭИ, горячо поздравляем Вас с семидесятилетием и желаем хорошего здоровья и исполнения Ваших творческих планов и желаний — Герценберг, Акопян, Фастовский, Юматов, Топчиев, Чебышев.

Киев, 3 ноября 1972 г. = Москва, А-252, Новопесчаная 21, кв. 12, Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Поздравляем, целуем, обнимаем = Олевские.

Ленинград, 4 ноября 1972 г. = Москва 333, Ленинский 51, Институт вычислительной техники, академику Лебедеву Сергею Алексеевичу.

Сердечно поздравляю славным юбилеем, желаю доброго здоровья, дальнейших столь же выдающихся успехов /в/ развитии отечественной вычислительной техники = академик Канторович.

### **Поздравления к новому 1974 году**

/Начало января 1974 г. Автограф/

Дорогой Сергей Алексеевич!

Сердечно поздравляю Вас и Вашу милую супругу с Новым годом. Шлю Вам самые горячие пожелания выздоровления и душевного спокойствия.

Вы так много сделали для советской науки, что можете с удовлетворением смотреть на Ваш Институт, Ваших учеников и на всех, кому верой и правдой служат Ваши детища БЭСМ-2, БЭСМ-4 и БЭСМ-6.

Дружески обнимаю Вас.

Ваш А. Минц. 1974 г.

### **Поздравление с майскими праздниками**

/Новосибирск, 21 апреля 1974 г. Автограф/

Глубокоуважаемый Сергей Алексеевич!

Разрешите Вас, Алису Григорьевну и все Ваше семейство поздравить с праздником — Первомаем 1974 г. Прежде всего, Сергей Алексеевич, мы с Ольгой Николаевной Вам желаем здоровья. Это — главное. Я уже много месяцев почти безвыездно живу в Сибири и помогаю Михаилу Алексеевичу в его многотрудном деле. А между делом борюсь с Марковым. У нас есть, Сергей Алексеевич, небольшая локальная радость: нам удалось добиться передислокации КБ СП из Новосибирска, поскольку оно у нас не получилось и все свои силы и ресурсы мы направили на развитие филиала Вашего Института, где дела идут у нас хорошо. Катков оказался превосходным директором. Я уже твердо уверен, что основное математическое обеспечение Эльбруса будет сделано нами до ввода в действие самой машины.

Если что-нибудь нужно нам подсказать в этом (стратегическом) плане, то, пожалуйста, скажите. Нам Ваш совет будет крайне важен. В сущности говоря, большие ЭВМ развиваются по пути, которому Вы задали основной импульс.

Был два раза в Москве, но не совсем здоров: меня мучает грипп. Уже егами начал заниматься, не знаю, поможет ли это.

Еще раз, поздравляю Вас с праздником.

Ваш Г. Марчук.

### **Письма С.А. Лебедеву из Китая**

В 1957 г., когда БЭСМ-2 была уже запущена в серийное производство и на выходе была принципиально новая ЭВМ М-20, ИТМ и ВТ посетила представительная делегация Академии наук Китая. Детально ознакомившись с работами Института, ее участники предложили включить в план научно технического сотрудничества двух академий совместные работы по развитию в КНР нового направления — вычислительной техники. Вскоре соответствующее соглашение было подписано. В нем, в частности, предусматривалось создание в Пекине Института вычислительной техники (ИВТ АН КНР), аналогичного ИТМ и ВТ, совместная подготовка для него кадров, передача документации на разработанную в Институте, возглавляемом

С. А. Лебедевым, ЭВМ и оказание технической помощи в ее создании и наладке. В ИТМ и ВТ прибыла большая группа стажеров из Китая, сотрудники ИТМ и ВТ выезжали в многомесячные командировки в КНР.

Предусматривалось направление в Пекин советников ИТМ и ВТ для чтения лекций и оказания практической помощи китайским товарищам в решении научных и производственных вопросов. В 1957—1959 гг. в Китае, сменяя друг друга, работали 5 сотрудников ИТМ и ВТ. Первыми выехали туда Олег Константинович Щербаков и специалист в области программного обеспечения Ю. Д. Шмыглевский. В начале 1958 г. туда прибыл Ю.И. Визун с заданием организовать изготовление ферритовых сердечников. На завершающей стадии создания ЭВМ, когда началась отладка отдельных узлов, в Пекин был командирован В. А. Мельников. Его сменил через некоторое время А. А. Павликов. Вплоть до апреля 1959 г. в Пекине оставался А.С. Федоров.

Особенно трудно приходилось О. К. Щербакову. Здание ИВТ АН Китая на окраине Пекина только-только осваивалось, его недавно приступившие к работе сотрудники сами заканчивали строительные и отделочные работы, таскали мебель, налаживали энергоснабжение. Советским советникам они задавали бесчисленное количество вопросов, все новых и новых, снова и снова.

Работоспособность и энтузиазм этого коллектива были поразительными. Рабочий день советских советников также был воистину ненормированным. Они возвращались в гостиницу лишь поздним вечером, а наутро на их рабочем столе лежал новый длинный перечень вопросов и дел на день. О.К. Щербаков, знавший английский язык, смог «специализировать» китайских переводчиков в области вычислительной техники. Тем не менее языковой барьер все же создавал определенные трудности.

Несколько китайских ведущих специалистов (Фан Синби, Хэ Хаодзун, У Дзикан и др.) приехали в КНР из США и Европы, стремясь помочь своей стране в становлении новой отрасли знаний. Отказавшись от материальных благ, которые имели на Западе, они работали с большой отдачей, сочетавшейся с удивительной личной скромностью. Присутствуя на лекциях советских советников, китайские специалисты затем проводили свои занятия с молодыми сотрудниками, восполняя пробелы в их знаниях и снимая у них большую часть вопросов. Они штудировали итээмовскую техническую документацию, редактировали переводы работ ИТМ и ВТ, пытались изучать русский язык.

Первоначально в АН Китая было принято решение о постройке и последующем запуске в серию ЭВМ типа М-20. С. А. Лебедев, проанализировав все аспекты готовности китайской стороны к развертыванию такого масштабного проекта, приложил большие усилия, чтобы направить его в нужное русло. Он постоянно интересовался состоянием дел в Пекине, внимательно изучал и анализировал сообщения своих сотрудников, сопоставлял их со сведениями и запросами, поступавшими от китайской стороны. В результате Сергей Алексеевич пришел к выводу, что решение о создании в КНР М-20 не является наилучшим. Он был уверен, что создание М-20 встретится со значительно большими трудностями, чем БЭСМ-2. Ему удалось убедить и советские, и китайские руководящие инстанции в необходимости переориентации на эту машину, имевшую важные преимущества перед М-20 в наладке и эксплуатации.

М. А. Лаврентьев, посетивший в 1958 г. Китай, побывал в ИВТ АН КНР, ознакомился с ходом работ над ЭВМ, побеседовал с сотрудниками ИТМ и ВТ АН СССР, с китайскими специалистами. Он со всей определенностью заявил, что решение о создании именно машины БЭСМ-2 принесло китайской стороне несомненную и долговременную выгоду.

В Китае в то время отсутствовало промышленное производство, способное обеспечить программу вычислительной техники необходимыми компонентами, такими, например, как пальчиковые радиолампы, ферриты, полупроводниковые диоды, резисторы типа МЛТ и др. При создании опытного образца вычислительной машины

АН СССР оказывала необходимую помощь в обеспечении всех этих компонентов. Китайская же сторона в спешном порядке пыталась создать свою собственную радиотехническую промышленность, активно прибегая к помощи советских организаций. На построенных с помощью СССР заводах работали десятки наших специалистов и советников. В 1958 г. там стали производиться первые китайские радиодетали, необходимые для создания ЭВМ. К маю 1958 г. при большой помощи, оказанной Ю. И. Визуном, было налажено производство первых китайских ферритовых сердечников.

С середины 1958 г. началась комплектация и монтаж опытного образца БЭСМ-2, которую планировалось сделать к 1 октября — десятилетию провозглашения КНР. Однако с этой задачей не справились, во многом в связи с обстановкой в стране, стоявшей в преддверии «культурной революции».

К осени 1958 г. тем не менее машина в основном была смонтирована и состоялось ее первое («на дым») подключение к сети. Началась наладка, которой руководил В. А. Мельников, а после его отъезда — А. А. Павликов. К концу пребывания советников СССР в Китае А. С. Федорову удалось разрешить большинство технических и организационных вопросов. К моменту его отъезда в апреле 1959 г. машина уже «шла» на тестах. Все пять сотрудников ИТМ и ВТ, работавшие над китайским вариантом БЭСМ-2, указом председателя Госсовета КНР Чжоу Эньлая были награждены медалями «Советско-китайской дружбы».

Отношения между Китаем и СССР все ухудшались. Из Москвы уехали последние китайцы-аспиранты и практиканты, постепенно прекратилась и переписка. А машина все-таки заработала. В ИТМ и ВТ об этом узнали из статьи в журнале «Китай», выходящем на русском языке, который кто-то принес в Институт. В ней подробно рассказывалось о первой быстродействующей ЭВМ, созданной в ИВТ АН КНР, но даже не упоминалось ни о БЭСМ-2, ни о советских специалистах из ИТМ и ВТ, ни об СССР в целом. Многие, кто учился в СССР или проходил стажировку в советских институтах, подверглись жестокой репрессии. И все же, те немногие, кто выжил и развивал в Китае новое направление в науке и технике, не мог не вспоминать с добрым чувством родоначальника компьютеростроения в СССР и его учеников, принимавших самое активное участие в создании первой ЭВМ в Китае <sup>1)</sup>.

№1

*Пекин, 17 октября 1957 г. О. К. Щербаков — С. А. Лебедеву.*

Здравствуйте, Сергей Алексеевич!

В этом письме я хочу рассказать Вам о положении дел с вычислительной техникой здесь в Институте <sup>2)</sup>. Письмо передаю с профессором Мин Пайда, который улетает завтра в Москву. Сейчас в Институте, как и во всем Китае, ведется борьба за упорядочение стиля работы, поэтому исследовательские работы идут замедленными темпами. Так, например, вместо запланированного сумматора на четыре разряда собран сумматор на один разряд. Испытываются отдельные стандартные блоки. Изготавливается всевозможная вспомогательная аппаратура (генераторы главных импульсов, ждущая развертка для осциллографов и т.д.). По магнитным элементам собран комплекс измерительных стендов в основном для снятия характеристик с сердечников. Изготовлен ручной пресс, при помощи которого они делают экспериментальные сердечники. Организована небольшая химическая лаборатория и технологическая

<sup>1)</sup> В основу вводной статьи к публикации писем из Китая в адрес С. А. Лебедева положены воспоминания Ю.И. Визуна «БЭСМ в Китае», опубликованные в сборнике: От БЭСМ до суперЭВМ. Страницы истории Института ТМ и ВТ им. С.А. Лебедева в воспоминаниях сотрудников. — М., 1988. С. 81-86. Письма хранятся в архиве семьи Лебедевых. Публикация подготовлена Н.С. Лебедевой. <sup>2)</sup> Имеется в виду Институт вычислительной техники АН Китая.

группа. Работа по полупроводниковым элементам ведется в основном по созданию контрольно-измерительной аппаратуры. В группе внешних устройств испытываются усилители считывания и записи на небольшом барабане. И на одном из заводов изготавливается телетайп. Группа логических и структурных схем провела анализ схем нашей машины и внесла несколько улучшений (по сравнению с нашим макетом). Структурно Институт состоит из трех отделов (а. отдел вычислительной математики; б. отдел универсальных машин; в. отдел элементов) и семи исследовательских групп. В Институте имеется хорошая библиотека. По количеству и срокам изучения иностранных журналов эта библиотека не уступает нашей. При Институте имеется небольшая механическая мастерская (около 10 чел. рабочих). Вот довольно краткое описание состояния дел на данный момент.

Во второй части письма я хочу показать те огромные возможности, которые имеются здесь для бурного развития вычислительной техники.

В конце этого года заканчиваются отделочные работы в новом здании Института, и вскоре все сотрудники переезжают туда. Общая площадь здания около 12 000 кв. м. При новом здании имеется помещение для небольшого завода. Очень быстрыми темпами идет поставка оборудования для этого завода. Я видел уже около десятка новейших станков, в основном китайского производства. Несколько дней тому назад было в принципе оформлено соглашение о том, чтобы завод телефонной аппаратуры приступил к выпуску стандартных ячеек и малой машины М-3. Этот завод сдан в эксплуатацию в сентябре этого года. Построен он при помощи Советского Союза и обладает прекрасным оборудованием, как в цехах, так и в лабораториях. На нем выпускаются сейчас, главным образом, АТС, но на заводе имеются такие прекрасные механические, гальванические и электрические цеха, что по моему мнению на нем в будущем году можно строить большие вычислительные машины.

На втором заводе, на котором я был, пущен он тоже в сентябре этого года с помощью специалистов из ГДР, выпускаются радиотехнические детали. Детали эти, правда, несколько устаревшей технологии (сопротивления ВС, крупные панели для ламп), но зато перекрывают почти всю потребную номенклатуру деталей, необходимых для постройки вычислительной машины. С начала будущего года на заводе предполагается выпуск сопротивлений типа МЛТ и конденсаторов типа КСО. Другой завод выпускает панели для пальчиковых ламп. На вакуумном заводе выпускаются радиолампы, в основном старых типов, для радиотехнической промышленности, но сейчас начато производство радиоламп 6Н1п, ГУ-50 и 6П1П. На одном из заводов осваивается выпуск оксиферовых сердечников для импульсных трансформаторов. В ряде академических институтов ведутся работы по созданию полупроводниковых элементов.

Такой широкий фронт работ по созданию своей материальной и производственной базы дает возможность китайским товарищам надеяться на создание большой вычислительной машины частично уже на своих материалах и деталях по нашим чертежам.

Щербаков. 17.10.57 г.

*Подлинник, автограф.*

## № 2

*Пекин, 19 октября 1957 г. Хуа Локен С. А. Лебедеву.*

Дорогой академик Лебедев!

Очень рад, что товарищи Щербаков и Шмыглевский <sup>1)</sup> приехали к нам и мы получили материалы и приборы, которые они принесли. Приезд советских специалистов будет ускорять темп выполнения задач по созданию ЭВМ в нашей стране. Здесь

<sup>1)</sup> Ю. Д. Шмыглевский.

я от имени всех научных сотрудников нашего Института и от себя лично выражаю Вам и всем сотрудникам Вашего Института сердечную благодарность.

Вы считали целесообразным сократить срок пребывания трех специалистов по вычислительным машинам до 3 месяцев за счет увеличения специалистов до шести. Мы согласны с Вашим мнением об этом и уже передали Ваше мнение президенту АН Китая Го Можо.

Что касается вопроса о приезде к нам товарищей Мельникова и Бардижа, мы надеемся, что тов. Мельников приехал к концу ноября, а тов. Бардиж приехал к концу декабря сего года. Мы отложили их срок приезда в Китай на месяц для лучшей подготовки и хорошей наладки нашей работы. Мы скоро напишем Вам второе письмо о продлении командировки некоторых наших товарищей для более широкого изучения вопросов вычислительной техники, особенно тех, которые связаны с разработкой конкретных устройств.

С радостной душой жду Вашего приезда.

Желаю Вам огромных успехов в работе!

С приветом

Хуа Локен. 19.10.57 г.

*Подлинник, машинопись.*

### № 3

*Пекин, 15 февраля 1958 г. Янь Пэйлин<sup>1)</sup> — С. А. Лебедеву.*

Многоуважаемый академик Лебедев!

Мы вместе с товарищами Щербаковым и Визуном составили проект плана по созданию БЭСМ в Китае, одновременно с заводом заключили договор о производстве машины. В нем установлено, что наш институт обязан к концу марта передать все чертежи и схемы, необходимые для изготовления машины, а завод должен будет к концу нынешнего года заканчивать в основном монтаж машины и сдавать ее нам для наладки и опытной эксплуатации в нашем институте.

Мы будем по всей возможности закончить создание машины в конце 1959 г. Для нас, не имеющих опыта в этом деле, можно сказать, что срок для изготовления машины мал. Чтобы выполнить столь важную задачу, требуется максимальное проявление активности в работе от всего коллектива нашего Института, но и необходима будет большая помощь от Вас и всех товарищей Вашего института.

Мы очень довольны тем, что в Китайско-Советском правительственном соглашении о научно-техническом сотрудничестве указывается необходимость установления прямой связи между нашими двумя институтами, которая создает благоприятное условие для нашей работы. Один из насущных вопросов по изготовлению машины заключается в быстром получении полного комплекта технической документации БЭСМ-2 (в состав которого входит документация по внешнему устройству), схем и чертежей необходимых стендов. Чтобы возможно было приступить к изготовлению машины в намеченный срок, мы искренно надеемся как можно скорее получить техническую документацию.

Очень хотелось бы, чтобы наши практиканты, которые должны возвратиться на родину в первой декаде марта, могли получить от Вас эти материалы и принести с собой, или же Вы передали их торгпредству нашего посольства в Москве. Если Ваши товарищи не успеют закончить обработку всей документации к отъезду наших практикантов на родину, то и хорошо было бы Вы передали им материалы, которые уже были обработаны. Очень просим, что Вы оказали нам большую помощь.

<sup>1)</sup> Ян Пэйлин — заместитель директора Института вычислительной техники АН КНР.

От души благодарю Вас и желаю Вам еще больших успехов в дальнейшей работе. Заместитель директора ИВТ КНР. Янь Пыйлин <sup>1)</sup> .

15 февраля 1958 г.

*Подлинник, машинопись, авторизованный перевод с китайского.*

№ 4

*Пекин, 21 февраля 1958 г. Ю.И. Визун <sup>2)</sup> — С. А. Лебедеву.*

Многоуважаемый Сергей Алексеевич!

Я задержал несколько очередное письмо Вам, так как не знал точно, когда Олег <sup>3)</sup> сможет уехать, а хотелось отправить письмо с ним. Коротко доложу Вам о том, что делается.

Сейчас в Институте закончена подготовка к началу опытного массового производства ферритов марки ВТ-1 и К-28. Для этого сделаны два прессы-автомата (делается еще один), достали печь КО-10,5, как у нас, оборудовали химическую лабораторию. Изготовили необходимые приспособления. Сегодня как раз будет первая пробная прессовка брикетов первой партии порошка. Самая большая трудность по ферритам — отсутствие в Китае химикатов нужной чистоты (квалификации), поэтому мы должны будем сначала повторить советский феррит на небольшом количестве советских материалов, которые были подарены Институту в прошлом году, а затем постепенно, заменяя по одной компоненте, пытаться перейти на местное сырье. Не знаю, удастся ли нам это. Во всяком случае, китайские товарищи очень просят узнать у Вас возможность приобретения советских химикатов на один комплект сердечников (на одно МОЗУ).

Далее — измерения и отбраковка сердечников. Часть аппаратуры мы уже наладили, часть находится в монтаже. Стенды приходится делать не на блочном принципе, так как у них нет пока блоков и плат. Здесь тоже есть трудность: так как нет ни автомата для отбраковки, ни даже чертежей его, то вероятно придется делать большое количество стендов, отладить их и пустить весь разбор вручную. Это, конечно, очень печально, но, наверное, единственно выполнимо.

Третья работа — это импульсные трансформаторы в блоки БЭСМ. Здесь непреодолимая трудность на сегодняшний день заключается в отсутствии ленты ХВП или какой-либо другой. Все технологические вопросы, за исключением резки ленты, можно решить очень быстро и даже, пожалуй, лучше, чем в Москве, а вот ленты нет. Что делать? Одна надежда у них на нас, вернее на Вас! Так как я имею уже некоторый опыт работы с импульсными трансформаторами, то мы бы здесь смогли отработать таковые на любой магнитной ленте, которую нашему Институту (в Москве!) легче достать. Это может быть 38 НС, 50 НХС, 80 НХС, 79 НМ и т. д., лишь бы она была в достаточном количестве и нарезана на полосы нужной ширины (5 или 10 мм).

<sup>1)</sup> Так в тексте. Правильно Янь Пэйлин.

<sup>2)</sup> Юрий Ильич Визун, только окончивший 10 классов, после нападения гитлеровской Германии на СССР сразу же был призван в Красную Армию. В бою под Ельней получил тяжелое ранение, участвовал в Сталинградской битве, в боях за г. Невель, в освобождении Заполярья, затем Варшавы, в штурме Зееловских высот, в битве за Берлин, получил еще несколько тяжелых ранений. Был награжден многими медалями. В Институте работал с 1952 г., последние годы в качестве старшего научного сотрудника, участвовал почти во всех крупных разработках Института, награжден двумя орденами «Знак Почета» и многими медалями.

<sup>3)</sup> Имеется в виду Олег Константинович Щербаков, вернувшийся из Китая в Москву. До своего отъезда в Китай он возглавлял в ИТМ и ВТ группу питания, в которую входил и Ю.И. Визун.

Далее, здесь на днях, после возвращения практикантов из Москвы, возникло большое брожение. Они привезли из Москвы слух, что якобы Вы еще не решили, какой феррит ставить в БЭСМ — Л-2 или ВТ-1, и склоняетесь к Л-2. Сразу же поднялась паника, так как все подготовлено к ВТ-1, начата работа, имеется технология, и пробные образцы и т.д. Кроме того, Л-2 ведь 3x2 мм, а это значит, другой инструмент, а главное, другие кассеты, а у них уже запущены кассеты под двухмиллиметровые сердечники. Прошу Вас дать мне указания, как им отвечать и что рекомендовать. Я пока предложил продолжать начатую работу и обещал выяснить точно ситуацию и Ваше мнение.

Начали работу по отработке блоков МОЗУ с учетом китайских деталей. Здесь, видимо, справимся своими силами.

По просьбе китайских товарищей лекции, которые я начал читать ранее, сейчас читаю редко, раз в 2 недели или 2 раза в 3 недели, так как очень много времени требуют работы по технологии и измерениям.

Начальство мне официально объявило, что оно хочет задержать меня на все время, пока не будет отработана и внедрена на заводе технология сердечников и пока они не пойдут в массовом порядке. По их планам это должно произойти в мае — июне. В связи с этим они сказали мне, что послали просьбу на Ваше имя и в Академию о продлении срока моего пребывания на 2-3 месяца. Каковы Ваши распоряжения? Мое мнение, что действительно, работу надо бы было довести до конца.

Обо всех своих делах я написал также Всеволоду Вианоровичу <sup>1)</sup> и просил его от имени китайских товарищей помочь материалами. Вероятно, он обратится к Вам.

Об общем состоянии дел в Институте я Вам здесь не пишу ничего, так как Олег, вероятно, сможет лично рассказать Вам все более обстоятельно.

Желаю Вам всего хорошего, прошу передать мой привет Дмитрию Юрьевичу <sup>2)</sup> и Ивану Сергеевичу <sup>3)</sup>.

Жду Ваших указаний

Уважающий Вас Ю. Визун.

Пекин, 21. 02.

*Подлинник, автограф.*

## № 5

Пекин, 27 марта 1958 г. Ю.И. Визун — С.А. Лебедеву.

Здравствуйте, многоуважаемый Сергей Алексеевич!

Я пользуюсь случаем передать Вам это письмо, минуя почту, с Ю. Д. Шмыглевским, возвращающимся завтра на Родину.

Коротко о состоянии дел в Институте. Заводы заканчивают подготовку к выполнению всех работ по машине — механических и монтажных. В настоящее время есть уверенность, что все детали, необходимые для машины, есть: диоды Д-2-Е (китайские), диоды с золотым контактом, которые по своим характеристикам вполне заменят Д-9-Е (китайские). С июня месяца один завод начинает выпуск МЛТ <sup>4)</sup>, кабель высокочастотный есть китайский, похожий на наш РК-50 и РК-19. Лампы тоже в основном есть. Панели и разъемы есть. Сердечники будут, думаю, что тоже к июню—июлю, уже заводского производства. Импульсные трансформаторы для блоков В и Ф сделаем на ленточных сердечниках, но лента, видимо, будет использована

<sup>1)</sup> Всеволод Вианорович Бардиж, руководитель лаборатории № 1.

<sup>2)</sup> Дмитрий Юрьевич Панов, д.и.н., профессор, заместитель директора ИТМ и ВТ.

<sup>3)</sup> Иван Сергеевич Мухин, к.и.н., заместитель директора ИТМ и ВТ.

<sup>4)</sup> Имеются в виду резисторы типа МЛТ.

советская или немецкая. Эту работу (по отработке параметров и технологии) сейчас начинаем и закончим тоже к июню-июлю.

Так что я думаю, что пора посылок больших партий материалов в Китай уже миновала и теперь, разве только о посылке образцов может идти речь. Это, конечно, мое личное мнение! Документация очень нужна. Я не пишу Вам подробно об этом, так как знаю, что китайцы собирались писать Вам сами <sup>1)</sup>. У меня они часто спрашивают о причине задержек с документацией, я, как могу, отвечаю, но она действительно сейчас очень нужна. Здесь есть уже приличное КБ, которое может быстро доработать недостающие чертежи, калькировать, синить и т. п. Поэтому они и просили Вас через меня выслать хотя бы часть синек или хотя бы микрофильмы.

Работа в Институте идет неравномерно по группам — из-за огромного количества собраний, которые все проходят в рабочее время, в некоторых группах последнее время почти не работают. Исключение было сделано для магнитной группы и для программистов, пока здесь был Ю. Д. Шмыглевский.

Часто спрашивают меня о приезде Мельникова, но как я понял, сейчас они еще не готовы к его приему, а вернее — его использованию.

Я регулярно переписываюсь с Всеволодом Вианоровичем и товарищами из лаборатории. Все они очень мне помогают советами и поддержкой. Сейчас я также посылаю письма в лабораторию с более подробным описанием работ здесь. Не хочу отнимать у Вас время на эти детали.

Сергей Алексеевич! С тех пор как меня оставили здесь на «вторую половину срока», дирекция неоднократно предлагала мне вызвать сюда Ирину <sup>2)</sup>. На мои доводы, что это может быть роскошь, мне ответили, что считают, что она может им сейчас помочь при отработке стандартных элементов и что поэтому они хотят, чтобы она приехала. Однако так как, вероятно, они не хотят лишаться еще одного специалиста по соглашению, который должен приехать в этом году, то нашли удобную форму и предлог — вызвать ее сюда как жену, а не как специалиста. Так или иначе, я консультировался в Посольстве СССР и, выяснив правовую сторону этого дела, написал заявление с просьбой разрешить приезд жене. Я считаю, что правильнее делать это за свой счет, и так написал в заявлении.

Мне как человеку, конечно, хочется, чтобы жена приехала сюда. Думаю, что и по работе это принесет некоторую пользу, поэтому прошу Вас разрешить ей взять на это время отпуск за свой счет.

Прошу передать мой привет Ивану Сергеевичу.

Уважающий Вас. Ю. Визун.

*Подлинник, автограф.*

#### № 6

*Пекин, 5 июня 1958 г. Янь Пэйлин — С. А. Лебедеву.*

Многоуважаемый академик С.А. Лебедев!

Я имею честь сообщить Вам, что товарищ Ю. И. Визун в течение шестимесячного пребывания в Китае своим самоотверженным трудом оказывал нашему институту огромную помощь. По указаниям и советам товарища Ю. И. Визуна работа в группе магнитных элементов нашего института получила быстрое развитие. Он помог нам освоить технологию производства магнитных сердечников и проводить работу по измерению физических свойств магнитных сердечников и их подбору. При помощи

<sup>1)</sup> См. док. № 3.

<sup>2)</sup> И.Д. Визун — супруга Ю.И. Визуна, одна из 9 дипломников МЭИ, которых С.А. Лебедев пригласил на работу в ИТМ и ВТ и поручил им разработку отдельных блоков БЭСМ. Скончалась после тяжелой болезни в августе 2002 г.

товарища Ю.И. Визуна мы также начали исследовательскую работу по разработке запоминающего устройства на магнитных сердечниках, работающего по принципу совпадения токов.

Для своевременного выполнения срочной задачи по разработке магнитных сердечников товарищ Визун часто работал до глубокой ночи. Накануне первого мая была успешно разработана первая партия запоминающих сердечников с применением китайского материала, и в этой работе мы освоили технологию производства координатных магнитных сердечников и ленточных сердечников с прямоугольным гистерезисом петли. Все эти успехи неотделимы от серьезной и усиленной работы тов. Визуна. Успешная разработка магнитных сердечников не только создала благоприятное условие для выполнения задачи по разработке большой быстродействующей электронной вычислительной машины в нашей стране, но и заложила хороший фундамент для дальнейшего развития исследовательской работы в группе магнитных элементов.

Все вышеуказанные успехи не могли бы быть достигнуты, если бы не было вашей огромной поддержки. В соответствии с этим, разрешите мне от имени всего коллектива нашего института и от себя лично выразить Вам и товарищу Ю.И. Визуну сердечную, горячую благодарность.

Пусть крепнет и процветает наша дружба! Желаю Вам еще больших успехов в научной работе. С искренним приветом

Заместитель директора Института вычислительной техники АН Китая.

5 июня 1958 г. Янь Пэйлин.

*Подлинник, машинопись.*

№7

*Пекин, 5 июня 1958 г. В. А. Мельников — С. А. Лебедеву*

Сергей Алексеевич, здравствуйте!

Вот уже неделя, как я нахожусь в Китае. На другой день, как приехал, ездил на заводы, которые должны изготавливать БЭСМ и детали для нее. Практически к изготовлению непосредственно самой машины, может быть за исключением ферритов, еще не приступали. Но сразу чувствуется, что китайские товарищи хотят за короткий срок моего пребывания получить от меня все возможное и невозможное, пожалуй, больше последнее. На время моей командировки составили перспективный план и составляются каждую субботу планы на неделю, в которых указывается на каждый день, что делать в первую половину дня и что во вторую. В общем режим работы с первых же дней получился весьма уплотненный.

Сейчас имеется следующий план работы по изготовлению БЭСМ, который составили в моем присутствии, не знаю только, как с ним удастся справиться.

*В июне* месяце изготовить:

500 стандартных блоков разных типов;  
4 платы АУ;  
стенд для проверки плат АУ;  
стенд для проверки стандартных блоков.

*В июле:*

200 стандартных блоков;  
30 шт. плат;  
смонтировать стойку АУ, УУ и ПУ;  
смонтировать кассеты для куба;

*В августе:*

1000 шт. блоков;  
к 15 августа 18 шт. плат;

изготовить каркасы стоек МОЗУ и куба, а также МЗУ, ПЧ и электронного индикатора.

План рассчитан на то, чтобы с 1 августа начать автономную наладку основной стойки. В блоках используются сопротивления ВС и только сейчас начали выпускать МЛТ 2 Вт, пока еще не очень хорошие и в небольшом количестве.

Очень большая просьба — «поагитировать» Олега Павловича, чтобы была выслана *окончательная спецификация на машину* (у них она прошлогодней давности) и все недостающие чертежи: в первую очередь *по пульту управления, межплатные соединения МОЗУ и таблицы соединений вместе с переходными щитками* по всей машине, а также все чертежи по МЗУ и по стендам для проверки нестандартных блоков.

Группа № 1 логических и структурных схем, которая занимается сейчас построением схем на динамических элементах одолела меня вопросами по машине М-20. Поэтому к Вам большая просьба — выслать мне отпечатанный экземпляр методики выполнения операций (желательно, чтобы он попал сначала мне для ознакомления), который Вы обещали перед моим отъездом. Было бы очень полезно, если бы мне прислали и схемы стандартных элементов для М-20 — все это бы значительно помогло в работе.

Передаю Вам просьбу директора Института Янь Пэйлина относительно хотя бы 5 шт. фотодиодов и некоторого количества ламп 6П13с (около 150—200 штук, это мое мнение).

Я очень извиняюсь, что засыпал Вас многочисленными просьбами. Сейчас в Китае идет движение за крутой подъем к социализму, и в связи с этим они устанавливают весьма короткие сроки. Вопросы: «Что нам надо сделать? Как это сделать, чтобы сократить тот или иной срок?», — являются повседневными. Поэтому сами понимаете, какое мое бедственное положение.

В группе № 2, где делается основная стойка АУ и УУ, собран сумматор на 8 разрядов с небольшим управлением, но работает, как я посмотрел, на первый взгляд ненадежно. Возможно, из-за питания. Вообще питание, которое они называют временным, работает очень плохо. Хорошее питание собираются сделать только к августу. О положении в Институте Вам более подробно расскажет Ю.И. Визун, я пока знаком очень поверхностно.

Еще раз прошу по возможности удовлетворить мои просьбы. Методику операций и схемы блоков М-20 можно выслать мне либо по адресу, где я живу, либо на Институт, либо в посольство. Я не знаю, как это именно делается.

Мой адрес: КНР. Пекин. Гостиница «Дружба», № 364.

Желаю всего наилучшего.

До свидания

В. А. Мельников.

*Подлинник, автограф.*

№8

*Пекин, 6 июня 1958 г. — Янь Пэйлин — С. А. Лебедеву.*

Глубокоуважаемый академик Лебедев С. А.!

Тов. Мельников В. А., прибыв в Китай 30 мая, уже начал свою работу. Документацию и большое количество ценных материалов, которые он привез с собой, я уже принял. Эти материалы создали очень благоприятные условия для скорейшего создания китайской электронной вычислительной машины, за что разрешите выразить Вам нашу сердечную благодарность.

Некоторое время назад вице-президент АН СССР академик Лаврентьев посетил наш Институт и спросил нас о том, какие еще имеются трудности в нашей работе. Тогда мы написали ему перечень материалов и деталей, которые мы хотели приобрести

у Центра снабжения АН СССР и других Ваших ведомственных органов, и попросили его помочь нам в этом. Мы знаем, что Вы всегда прилагали все возможные усилия для оказания нам помощи, и этот список, который, как нам известно, вице-президент уже передал Вам, опять нанесет Вам еще немало хлопот, за что я очень обеспокоен и считаю себя виноватым перед Вами. Еще раз выражаю Вам нашу сердечную благодарность и желаю Вам больших успехов в работе.

Заместитель директора Института вычислительной техники АН Китая Янь Пэйлин.

6 июня 1958 г.

*Подлинник, машинопись, русский язык.*

№9

*Пекин, 2 марта 1959 г. Янь Пэйлин — С.А. Лебедеву.*

Глубокоуважаемый академик Лебедев!

Мы с большим нетерпением ждали Вас после того, как в июле 1957 г. президент АН КНР Го Можо послал президенту АН СССР академику Несмеянову специальное письмо, в котором пригласили Вас посетить Китай. За последнее время мне говорили, что Вы прибудете к нам в Китай в марте или в апреле месяце сего года. Мы очень рады Вашему приезду и надеемся, что Вы пораньше приехали к нам с Вашей супругой. Разрешите горячо приветствовать Вас и надеюсь получить Ваше предварительное сообщение о времени Вашего отъезда.

С искренним уважением!

Пэйлин.

*Подлинник. Машинопись. Русский язык <sup>1)</sup>.*

<sup>1)</sup> В конверт был вложен и текст этого письма на китайском языке.

## **Раздел 6**

# **НАШ СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**

## **(ВОСПОМИНАНИЯ БЛИЗКИХ, КОЛЛЕГ, УЧЕНИКОВ)**

### **Из воспоминаний «Опыты жизни. 50 лет в науке»<sup>1)</sup>**

*Академик М.А. Лаврентьев*

Вскоре после окончания Великой Отечественной войны и возвращения математиков в Москву в Стекловском институте был поднят вопрос о большой роли, которую должны приобрести в предстоящие годы ЭВМ. Эта точка зрения не поддерживалась Отделением технических наук, где все внимание уделялось вычислительным машинам на механическом принципе — «дифференциальным анализаторам», а также аналоговым машинам. Была даже заметка в московской газете, где электронные машины критиковались и отвергались с философских (!) позиций.

В 1947 г. я выступил на Общем собрании Академии наук, посвященном 30-летию Октябрьской революции, с обзорным докладом о путях развития советской математики. В нем я вынужден был отметить наше отставание в области машинной математики. Приведу это место из своего доклада.

«Если по основным разделам математики к 30-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции мы можем рапортовать: мы догнали, а во многих разделах и перегнали зарубежную математику, то в отношении машинной математики нам нужно еще много усилий, чтобы догнать. Вычислительная ячейка, созданная в 1935 г. в Математическом институте имени В.А. Стеклова, начинает выполнять, особенно за последние годы, крупные заказы. Эта ячейка за 12 лет из двух комнат распространилась на целый этаж и занимает сейчас больше половины всей площади Математического института. Дальше отделу приближенных методов распространяться в институте уже некуда, кроме того, его задачи таковы, что для их решения нужен совершенно другой размах».

Я также высказал пожелание, чтобы решение Отделения физико-математических наук о создании специального института вычислительной техники, вынесенное более двух лет назад, нашло скорейшее и полное выполнение.

После появления ЭВМ в США среди наших математиков, электротехников и механиков произошел раскол: большинство считали ЭВМ бесперспективной рекламой, предлагали усилить производство вычислительной техники на аналоговых и механических принципах. Именно под это направление в АН СССР был открыт новый Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ).

Совсем иная обстановка сложилась в Киеве. Туда сразу после войны А.А. Богомольцем был приглашен С. А. Лебедев, который, еще будучи в Москве, начал вести

<sup>1)</sup> Публикуется по книге «Век Лаврентьева». — Новосибирск, 2000. С. 57-62.

расчеты и разрабатывать (пока на бумаге) принципы действия электронной вычислительной машины. Обсуждение в кругу московских математиков с широким кругозором (С.А. Лебедев, М.В. Келдыш, Д.Ю. Панов, Л.А. Люстерник, М.Р. Шура-Бура и др.) убедило меня в огромном научном, техническом и оборонном значении электронных вычислительных машин. Я рассказал А. А. Богомольцу о положении с новыми ЭВМ, о необходимости поддержать Лебедева и получил все полномочия для развертывания нового дела, а также деньги, оборудование, помещение.

Место, где должна была размещаться ЭВМ, совместно с Лебедевым наметили под Киевом, в Феофании, рядом с моей лабораторией. Это был полуразрушенный двухэтажный дом. Сильвестров и Петере по моему письму в Совмин Украины в рекордно короткий срок реконструировали и оборудовали выбранное помещение.

Лебедев сумел за короткий срок мобилизовать сотрудников своего Электротехнического института, собрал и обучил молодой коллектив. При активной поддержке А. А. Богомольца и всего Президиума АН УССР в течение двух лет был изготовлен и в 1947 г. начал работать макет машины. Это была первая советская ЭВМ — «МЭСМ» (малая электронная счетная машина). Мы показывали ее секретарю ЦК КП(б) Украины Н.С. Хрущеву, командующему войсками Киевского военного округа А.А. Гречко, другим высоким гостям, рассказывали о круге важнейших государственных проблем, при решении которых ЭВМ должна сыграть решающую роль.

Это резко повысило интерес к новому принципу вычислительных устройств. Посмотреть машину стали приезжать из Москвы. Ситуация явно менялась в пользу электронных вычислительных машин. Было принято решение — изменить тематику Института точной механики и вычислительной техники, переменить руководство института и все силы бросить на создание большой ЭВМ.

Когда в Центральном Комитете партии мне предложили возглавить это дело, я дал согласие только при условии, что главным конструктором будет сразу назначен академик С. А. Лебедев (в то время директор Электротехнического института Академии наук УССР в Киеве). Это условие было выполнено, и я приступил к исполнению обязанностей.

Меня вызвал президент Академии С.И. Вавилов и предложил поехать с ним к тогдашнему руководителю работ по вычислительной технике министру машиностроения и приборостроения СССР П. И. Паршину. По дороге Вавилов советовал мне всемерно опираться на этого руководителя, ибо только он способен помочь, но он же может и завалить.

Паршин нас встретил очень приветливо, но прямо сказал: «Машины я буду строить сам, у меня для этого все возможности. Я привлек АН, чтобы вы помогли мне авторитетом, ну а также, если будет нужно, дали статьи в прессу, навели научный лоск».

В это время (1950 г.) сложилась такая обстановка. Половина коллектива Института точной механики и вычислительной техники АН СССР (около 150 человек) проектировала элементы машин на механическом принципе (дифференциальные анализаторы); вторая половина (около 100 человек) занималась созданием электронных аналоговых машин. Работа велась в помещениях часового завода. Новое здание для института строилось медленно, окончание строительства намечалось через два - три года.

КБ Министерства — около 300 человек — сосредоточилось на проектировании и изготовлении элементов под маркой «Стрела». Схема и чертежи были приобретены в США. Около 150 человек, совместно с сотрудниками ИТМ и ВТ, работали над созданием дифференциальных анализаторов. В 1952 г. мы переехали в новое здание на Ленинском проспекте. Работа шла днем и ночью. Но вскоре я получил срочное назначение на предприятие вне Москвы и был освобожден от московских дел. Директором института стал С. А. Лебедев.

В 1953 г. я был вызван в Москву, в комиссию по осмотру и приемке двух машин: БЭСМ (АН СССР) и «Стрелы». Ситуация для нашей ЭВМ была крайне неблагоприятной. Во-первых, все агрегаты новой памяти (конструкции С.А. Лебедева) решением свыше были адресованы для «Стрелы». Нам пришлось делать память ЭВМ на акустическом принципе, что снижало ее быстродействие в 15-20 раз. Во-вторых, председателем комиссии по приемке был крупный руководитель, который уже создал свой вычислительный центр под «Стрелу».

На комиссии рассматривались задачи, которые были заданы одним высоким ведомством и теперь решались на обеих машинах. Давая оценку выполненной работе, председатель заметил, что одна из задач, проводимых мною на ЭВМ, лишена смысла. Это замечание нас спасло: я сразу после заседания поехал к руководству ведомства, задавшего задачи, и сказал: «Вы занимаетесь проблемами, лишенными смысла, зря тратите крупные деньги и время ведущих ученых; я вынужден об этом написать докладную на самый верх». «Что Вы хотите?» «Я хочу: первое — отложить приемку на полгода, второе — в течение двух недель снабдить нашу ЭВМ агрегатами конструкции Лебедева».

Через полгода БЭСМ-1 (первая большая электронная счетная машина) Академии наук решала все заданные ей задачи в 5—8 раз быстрее, чем «Стрела». В соревновании двух фирм победила не та, у которой было в достатке средств, людей, площадей, а та, у которой были прогрессивные идеи. Сами по себе средства еще ничего не дают. И наоборот, человек, одержимый передовой идеей, сможет получить важный результат и в самых неблагоприятных условиях. Классический пример — супруги Кюри открыли радий, работая в сарае.

Позже этот принцип — сначала люди с идеями, а потом уже здания с приборами — был положен в основу создания институтов Сибирского отделения Академии наук.

БЭСМ-1 стала предшественницей серии отечественных электронных цифровых вычислительных машин («Минск», «Урал», «Днепр», «Мир» и т.д.). Наиболее мощной из последующих машин этого поколения явилась БЭСМ-6, работающая со скоростью около миллиона арифметических действий в секунду. Она стала базовой машиной, которой оснащены основные вычислительные центры страны. С.А. Лебедев был избран академиком АН СССР, получил Ленинскую премию.

Создание ЭВМ стало в полном смысле революцией в науке и технике. Появились машины, способные решать весьма сложные математические задачи, машины, заменяющие тысячи вычислителей. Принципы, заложенные в ЭВМ (память, логические операции и т. д.), оказались исключительно плодотворными в самых разнообразных и часто неожиданных областях науки и техники. Богатые приложения были получены в автоматике.

Трудно переоценить роль отечественных ЭВМ в прогрессе нашей атомной энергетики, особенно в успехах по освоению космоса. Советские ЭВМ в 1954-1956 гг. были на уровне лучших американских, а ученые-математики, участвовавшие в создании машин и в работе на них, ни в чем не уступали своим американским коллегам.

Чем же объяснить, что теперь мы уступили американцам и по мощности ЭВМ, и по масштабам их использования?

Я вижу несколько причин. Успокоенная достигнутыми успехами, значительная часть математиков и конструкторов-электронщиков переключилась на другие задачи. Еще более грубая ошибка была допущена в подготовке кадров для новой техники. Феноменальная скорость вычислений на ЭВМ породила ложное представление о том, что машины полностью обеспечат все работы по прикладной математике и, стало быть, количество математиков можно не увеличивать, а даже сокращать. Было упущено из вида, что для получения при помощи ЭВМ новых ценных научных результатов нужно не меньше математиков, а квалификация их должна быть су-

щественно выше, только тогда смогут быть реализованы огромные возможности и преимущества ЭВМ.

Грубо говоря, ЭВМ — это металлические устройства, набитые электроникой. Они получают жизнь и способность выполнять сложные операции только благодаря искусно составленным программам, которые задаются человеком. Разработка математического обеспечения (программ) становится сейчас решающим фактором расширения сферы применения вычислительной техники. Известно, что уже в конце 60-х годов стоимость математического обеспечения ЭВМ выросла настолько, что превысила стоимость их материальной части, и эта тенденция прогрессирует. Поэтому крайне необходима широкая подготовка специалистов, владеющих основами современной вычислительной техники.

Подготовка кадров по прикладной математике — это, по моему мнению, проблема номер один, это важнейшее условие современного научно-технического прогресса.

## Наш патриарх

*Академик Г.И. Марчук*

С Сергеем Алексеевичем Лебедевым меня познакомил Михаил Алексеевич Лаврентьев, в ту пору директор ИТМ и ВТ. Мы обстоятельно говорили с Сергеем Алексеевичем о математическом обеспечении «БЭСМ». Он просил меня подключить к этой деятельности Андрея Петровича Ершова и его коллектив. Я только что приехал в Академгородок и еще знакомился с людьми. Андрей Петрович высказал удовлетворение, но сказал, что очень занят в международной группе ученых, которые развивают «Алгол». Но поскольку у Сергея Алексеевича уже была хорошая команда программистов, то он был спокоен за дело. Сергей Алексеевич и Михаил Алексеевич в ту пору соревновались с ЭВМ «Стрела», которую закупили для отдела прикладной математики Математического института АН СССР. Приятно отметить, что по параметрам производительности «БЭСМ» опережала «Стрелу».

«БЭСМ-2» была установлена в Вычислительном центре АН у Анатолия Алексеевича Дородницына, к которому ездила «вся Москва» для решения своих задач. Время шло, накапливался опыт, и Сергей Алексеевич, теперь уже директор ИТМ и ВТ, начал думать о супермашинах. Вот в это время он пригласил меня на дачу в Луцыно, где я познакомился с его чудесной семьей. Сергей Алексеевич взял большой арбуз и мы отправились в тихое место за дачный столик для беседы. День был чудесный. Это был июль. Сергей Алексеевич был в майке-сетке. У него было прекрасное настроение. Именно здесь он познакомил меня со своими планами по созданию суперЭВМ «Чегет» и АС-6, сообщив, что «Чегет» будет сооружать Всеволод Сергеевич Бурцев, а АС-6 — Владимир Андреевич Мельников. Оба — первоклассные специалисты по структурам ЭВМ. Кстати, несколько позже «Чегет» превратился в «Эльбрус». Предполагалось, что АС-6 будет обслуживать космические центры, а «Эльбрус» — ПРО. Сергей Алексеевич взял 2 листа бумаги, сел на стул поудобнее на колени и спокойно и терпеливо описал эти две его новые ЭВМ.

К сожалению, через некоторое время он стал недомогать, но работал в полную силу. Нас стали «подстегивать» японцы, которые провозгласили новый проект ЭВМ пятого поколения. Под руководством В.С. Бурцева и А. П. Ершова собрался прекрасный коллектив ученых Москвы, Новосибирска, Киева, который был утвержден под названием «Старт». Через пару лет появился модуль «Кронос» — великолепная основа для ЭВМ пятого поколения. Развернулись работы полным ходом. На некотором этапе с ЭВМ нашего «Старта» решили познакомиться С.А. Лебедев, М. А. Лаврентьев, В.С. Бурцев и ряд других первоклассных ученых. Заседание проходило в ИТМ и ВТ в кабинете С. А. Лебедева. Проект был рассмотрен основательно

и рекомендован к дальнейшей проработке. Но время работало не на нас. Вся мощная электроника шла на военные заказы, Министерство вычислительной техники, о котором мечтали ученые, не создавалось, и мы начали постепенно отставать. Случилась беда: Сергей Алексеевич серьезно заболел. Были приняты все меры, поднята на ноги вся медицина, но он угасал. Умер Сергей Алексеевич в 1974 г. Директором ИТМ и ВТ был назначен В. С. Бурцев. Обе суперЭВМ «Эльбрус» и АС-6 пошли в производство. Однако время было упущено и соревнование с дальнейшим развитием в области бурно развивающейся отрасли вычислительной техники на западе мы не выдержали. Америка, Англия, Франция и Япония пошли далеко вперед и вскоре мы вынуждены были прекратить выпуск своих отечественных ЭВМ. Персональные компьютеры, зародившиеся у нас, также не смогли конкурировать с западными. Мы стали потребителями иностранной вычислительной техники. Несмотря ни на что, мы всегда будем помнить, что замечательный наш ученый — Сергей Алексеевич Лебедев был основателем вычислительной техники в нашей стране.

## Лебедев и Физтех

*Академик О. М. Белоцерковский*

Сергей Алексеевич Лебедев — великий русский ученый и конструктор — патриарх отечественной вычислительной техники. Практически все значительные успехи в создании и развитии быстродействующих электронных машин в нашей стране связаны с его именем и его школой. В канун столетия со дня рождения Сергея Алексеевича надо было в меру своих сил отдать должное этому могучему таланту и замечательному человеку, благодаря усилиям которого наше Отечество около полувека в послевоенный период занимало лидирующие позиции в разработке и создании нескольких поколений быстродействующих ЭВМ. Такая работа проводилась в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР, директором которого он стал в 1953 г. и возглавлял его до конца своей жизни в 1974 г.

Уже в начале 50-х годов под руководством С. А. Лебедева была создана первая Советская ЭВМ из серии Больших электронных вычислительных машин БЭСМ-1 (8—10 тысяч операций в секунду), где использовались лампы отечественного производства, различные варианты оперативных запоминающих устройств, а также магнитные ленты, барабаны и т. д. В последующие годы совместно с промышленностью был создан еще целый ряд ЭВМ — БЭСМ-2, М-20, БЭСМ-4, М-220 и др. И, наконец, в первой половине 60-х годов была создана знаменитая БЭСМ-6 — универсальная машина со средним быстродействием миллион операций в секунду и широким диапазоном чисел, обеспечением точности вычислений до 12 десятичных знаков. При разработке БЭСМ-6 впервые вместо электрических схем было использовано формальное описание схем на основе булевой алгебры, что позволило компактно и точно описать функционирование блоков ЭВМ.

Эпоха машины БЭСМ-6 и ее модификаций, прослуживших верой и правдой нашей стране более 20 лет, — это золотое время расцвета отечественной вычислительной техники, с ее помощью были решены многочисленные практические, в том числе оборонные, задачи. Наличие высококвалифицированных математиков-прикладников, руководимых академиками М. В. Келдышем, А. А. Дородницыным, А. Н. Тихоновым, А. А. Самарским, Г. И. Марчуком и другими, позволило нашей стране занять передовые позиции в таких ответственных направлениях, как космическая и ядерная программы. Нельзя не отметить, что решение таких комплексных проблем проводилось на отечественной технике специалистами, подготовленными в наших вузах.

Так уже в 1953 г. Сергей Алексеевич организовал в Московском Физико-Техническом Институте кафедру «Электронные вычислительные машины», которую возглавлял до конца своих дней. Кафедра была уникальна тем, что со второго курса студенты попадали в центр новейших разработок ИТМ и ВТ, где проходили многолетнюю практику и в большинстве своем оставались там и работать под руководством таких выдающихся ученых и конструкторов, как академики В. А. Мельников, В.С. Бурцев, член-корреспондент Г. Г. Рябов и др. Как отмечает в своих воспоминаниях один из ветеранов-выпускников этой кафедры, А.А. Новиков, «С.А. Лебедев стимулировал исследования студентов во всех направлениях..., руководил крупными комплексными научно — исследовательскими работами по созданию образцов ЭВМ и их широкому применению».

Выдающийся ученый, выдающийся конструктор и выдающийся педагог!

Как писал Аристотель, «начало есть более чем половина всего».

Мне, как ректору МФТИ в те годы, приходилось нередко встречаться с академиком С.А. Лебедевым. Он по праву является одним из основателей Физтеха, будучи чрезвычайно скромным человеком. Психология Сергея Алексеевича была очень близка Физтеху — он предпочитал людей, обладающих широкой инженерной эрудицией. («Я не люблю благополучных отличников» — сказал как-то Сергей Алексеевич мне во время отбора студентов на его кафедру). Его ближайший ученик-фронтовик Д. А. Кузьмичев долгие годы был проректором МФТИ, вынося на своих плечах все тяготы его развития.

Нам не все удалось донести до сегодняшних дней из наследства С.А. Лебедева. Но, следуя Аристотелю, хоть «половину» мы сохранили? Вот вам и «роль личности в Истории»... Уверен — будет и здесь у нас еще Праздник!

## **Главный конструктор ЭВМ С.А. Лебедев**

*Академик К.А. Валиев*

Стремительное развитие промышленного производства и техники в довоенные и послевоенные годы выдвинуло на авансцену этого процесса замечательную плеяду талантливых людей, неразрывно связавших свое имя с развитием тех или иных видов техники. Многие из них имели и должность, называвшуюся «Главный конструктор». В развитии авиационной техники определяющий вклад был сделан главными конструкторами А.С. Яковлевым, А.И. Микояном, С.В. Ильюшиным, П.О. Сухим; ракетостроение своим развитием обязано главным конструкторам С.П. Королеву, М.К. Янгелю, Н. А. Пилюгину, атомное оружие — И.В. Курчатову и А.Д. Сахарову; всемирную известность приобрели М.Т. Калашников и М.И. Кошкин изобретением автомата и танка Т-34.

Таким ярким явлением в области конструирования электронных вычислительных машин был Сергей Алексеевич Лебедев. К моменту начала моей работы «на С.А. Лебедева» в качестве разработчика элементной базы ЭВМ, он уже был автором двух поколений советских ЭВМ — на электронных лампах и дискретных полупроводниковых приборах (транзисторах и диодах). Первая ламповая машина под названием МЭСМ (малая электронная счетная машина) была создана в Киеве под руководством С.А. Лебедева. Как специалист с опытом успешной разработки ЭВМ, С. А. Лебедев был переведен в Москву, в академический институт ИТМ и ВТ, где он получил лабораторию и задание разработать более мощную, чем МЭСМ, ламповую машину. Она получила название БЭСМ — большая электронно-счетная машина. Разработка была успешной, модификация машины под названием БЭСМ-2 выпускалась серийно. Были разработаны и выпускались модели ламповых машин М-20, М-40, М-50 (последние две для применений в оборонных системах). Как видим,

напряженная работа коллектива ИТМ и ВТ над ламповыми машинами длилась несколько лет и дала С.А. Лебедеву огромный опыт, который был использован в дальнейшем, при работе над «полупроводниковыми» машинами.

В конце 50-х годов в СССР возникла полупроводниковая промышленность: были проведены разработки и создано производство диодов и транзисторов. Нет необходимости описывать, каким долгожданным подарком они были для конструкторов ЭВМ! В 100 раз меньше напряжение питания, в 10000 раз меньше потребляемая энергия, многократно уменьшаются габариты, повышается надежность. Немудрено, что сотрудники СКБ ИТМ и ВТ почти подпольно «переложили» ламповую машину БЭСМ на полупроводниковую элементную базу и доказали тем самым теорему существования полупроводниковых ЭВМ: можно было официально приступить к их разработке.

Первыми официальными машинами на полупроводниках, разработанными под руководством С.А. Лебедева в ИТМ и ВТ, были БЭСМ-4 и М-220 — полупроводниковые аналоги ламповой М-20. Но венцом серии полупроводниковых ЭВМ С. А. Лебедева была знаменитая БЭСМ-6. Эта машина была столь удачной, что в тот момент едва ли не была лучшей в мире машиной. За право получения и пользования этой машиной конкурировали все вычислительные центры огромной страны. Я сам, став в Зеленограде директором НИИ молекулярной электроники и начав создавать компьютерную систему проектирования интегральных схем, добился выделения двух БЭСМ-6. Широкое пользование этой машиной во многих отраслях привело к созданию большого массива прикладных программ. Желание сохранить эти программы влекло за собой требование, чтобы новое (после БЭСМ-6) поколение ЭВМ было похоже на БЭСМ-6!

Таким образом, С.А. Лебедев был знаменитым советским конструктором ЭВМ, успешно выполнявшим задачу создания двух поколений (по типу элементной базы) советских ЭВМ. Вместе с ним работали его ученики и соратники, настоящие энтузиасты этого нового вида техники: Владимир Андреевич Мельников, Всеволод Сергеевич Бурцев, Геннадий Георгиевич Рябов, Адольф Алексеевич Новиков, Борис Арташесович Бабаян, Валентин Сергеевич Чунаев и многие другие. Можно сказать, что С. А. Лебедев создал советскую школу конструкторов ЭВМ. Эта школа продолжает работать и сегодня: научные школы обладают большой устойчивостью и жизнеспособностью.

Посмотрим теперь, что происходило с разработками С.А. Лебедева далее. 60-е и 70-е годы дали С.А. Лебедеву новую элементную базу — микроэлектронную. Продукт микроэлектроники — полупроводниковые интегральные схемы. Все последующее развитие ВТ связано с успехами микроэлектроники. Эти успехи описываются эмпирическим законом Мура: количество транзисторов в интегральной схеме удваивается каждые 1,5 года. В таком темпе растет вычислительная мощность, заключенная в одной интегральной схеме. В таком же темпе растут возможности ЭВМ, даже если не увеличивать число интегральных схем.

Все машины на интегральных схемах, конструировавшиеся С.А. Лебедевым в ИТМ и ВТ, имели, в качестве элементной базы, интегральные схемы, разработанные и производимые в НИИ молекулярной электроники и на заводе «Микрон». Мне повезло, что в тот момент я оказался на посту директора НИИМЭ и тем самым смог участвовать в создании советской микроэлектронной промышленности и ВТ на интегральных схемах. С.А. Лебедев сразу понял возможности, которые дают интегральные схемы конструктору ЭВМ. Он любовно называл их «интегралками». Звучит почти интимно. Первая машина, созданная С. А. Лебедевым на интегральных схемах, называлась 5Э26. Предназначалась она для системы противоздушной обороны С-300, разработку которой вел Главный конструктор А.А. Расплетин. Как всегда у С.А. Лебедева, разработка была успешной. Этот успех разделили и мы,

представители молодой отрасли — микроэлектроники: наши схемы оказались в столь важной оборонной системе и хорошо себя показали. Было чему порадоваться, но было некогда радоваться. В 1968 г. С. А. Лебедев начал работать над проектом много-процессорной суперЭВМ под названием Эльбрус. Элементной базой этой суперЭВМ должны были стать сверхбыстродействующие (время переключения 2 нс) большие интегральные схемы (БИС)! НИИМЭ предстояло их разработать и производить. Не скажу, что все легко и гладко у нас получалось. С. А. Лебедев умел извлечь и из задержек пользу. Пока мы бились над нашей новой элементной базой, он решил сделать Эльбрус на той элементной базе, которая уже успешно работала в 5Э26. Получилась система Эльбрус-1, вполне успешная машина. Второе решение, которое С. А. Лебедев принял на ходу разработки Эльбруса, — это использование многокристалльных БИС. Их сборка была организована в самом ИТМ и ВТ. Только два типа из них (самых массовых) производились на нашем заводе «Микрон». Система Эльбрус-2 (десяти-процессорная) была завершена, использовалась в самых ответственных системах, в том числе в системе противоракетной обороны страны.

С.А. Лебедев полностью исполнил свою роль главного конструктора советской вычислительной техники, разработав 4 поколения ЭВМ за (примерно) 20 лет. Я был счастлив с ним работать в течение последних 10 лет его деятельности. Попытаюсь нарисовать его человеческий образ, таким как я его помню. Он был небольшого роста, худенький, с миниатюрными руками, негромким голосом. Помню, он был заядлый курильщик, курил папиросу за папиросой, работая в кабинете. Как тогда было принято, работал по 16 часов, если работа того требовала, не считаясь со временем. Никогда не повышал голоса, по крайней мере, я не видел его раздраженным и злым. Удивительно был нежен со своими сотрудниками, называя их уменьшительными именами: Володя, Сева. Портрет его хранится в ИМВС, он удивительно передает его черты. На нас смотрит с портрета Сергей Алексеевич, добрый, спокойный, но непреклонно стойкий в вопросах дела его жизни — в создании ЭВМ. Здесь он был неуступчив и настойчив. Правда, ему было нетрудно, как мне казалось, выдерживать «свою линию» в разработке: у него был столь большой авторитет в своем деле, что вряд ли кто мог на него «давить» или «влиять». Он, конечно, хорошо слушал своих сотрудников, находя предел возможного в тех условиях, который и обеспечивал конечный успех разработки. Был у него, мне кажется, свой метод резервирования: каждая подсистема делалась в нескольких вариантах, один из вариантов выбирался, а другие шли в запасник для других разработок.

В текущем году С. А. Лебедеву исполнилось бы 100 лет. 28 лет как его нет с нами. Но он живет в истории советской вычислительной техники прошлого века, живет в делах его многочисленных учеников, в их уважительной памяти к его личности, к результатам его деятельности.

## Учитель, воспитатель, друг

*Академик В.С. Бурцев*

Вот таким был Сергей Алексеевич для меня и уверен для всего нашего молодого коллектива, который работал с ним с конца сороковых годов до последних дней его жизни. Как об этом написать наиболее правдоподобно и убедительно, не обладая талантом писателя, это очевидно та проблема, из-за которой о таком замечательном человеке не так много написано его учениками. Не думая о контексте изложения, опишу несколько сцен из нашей жизни, в которой Сергей Алексеевич так много значил.

Прежде всего мы знали, что Сергей Алексеевич может выполнить любую работу за нас. Так, зачастую, и бывало. Если кто-нибудь по молодости, увлекшись отдыхом,

не выполнял тот или иной участок работы на этапе проекта, Сергей Алексеевич на следующий день приносил недостающую часть проекта, как ни в чем не бывало и без единого упрека. Если кто-либо, уставши, засыпал за пультом создаваемой ЭВМ в процессе ее отладки (ночью довольно трудно работать на пределе эффективной умственной отдачи, а отладка всегда велась круглосуточно), Сергей Алексеевич успешно подменял на время такого отдыха дежурного инженера или математика. Он приезжал в эти трудные периоды работы в 10—11 часов утра и заканчивал работу зачастую в 8 часов утра, передавая работу следующей смене с рассказом о том, что было сделано, чем он считает хорошо бы заняться новой смене до его приезда. Запись в журнал была лишней, так как Сергей Алексеевич приезжал обратно на работу через 3—4 часа. Можно подумать, что не было необходимости в такой напряженной работе. Но такое мнение может быть у тех, кто не участвовал в создании новой ЭВМ на этапе ее первой отладки. Дело в том, что первый образец новой ЭВМ, наряду с большим количеством логических ошибок, содержал накопленные за время его изготовления отказы элементарно-конструкторской базы. Если учесть, что Сергей Алексеевич начал создание ЭВМ в период, когда основными логическими элементами были ламповый вентиль и триггер, которые отказывали через каждые 100—1000 часов работы, а первые ЭВМ содержали более 1000 таких элементов, то отладка первого образца ЭВМ всегда велась на фоне непрерывных сбоев и ежечасных отказов. Фактически, шло сражение за то, кто победит — отладчик, который должен был на фоне сбоев и отказов устранить все дефекты проекта, или ненадежные элементы. В том случае, если частота возникновения неисправностей превышала скорость их устранения, разработка не могла увидеть свет и считалась неработоспособной. В процессе отладки дорабатывались схемы самих логических элементов, а зачастую вносились изменения и в элементную базу, после чего опытный образец становился работоспособным. Но какой силой воли, работоспособностью и уверенностью в положительном исходе создания нового образца необходимо было обладать Сергею Алексеевичу, чтобы создавать все новые, более логически сложные и совершенные ЭВМ!

В процессе отладки машины Сергей Алексеевич сидел обычно рядом с инженером-оператором за инженерным пультом. Он в этом случае сам никогда не «щелкал» тумблерами. Работать с ним было приятно, так как он никогда не отбирал инициативы у оператора при поиске сложной неисправности или логической ошибки. Он исключительно корректно работал вместе по единой идеологии выявления дефектного места машины в соответствии с составленной тест-программой. Но были у Сергея Алексеевича и свои патентованные методы отыскания неисправности с точностью до блока. Во многих блоках первой БЭСМ в анодной цепи лампы были использованы не сопротивления, а ферритовые трансформаторы. Так как эти трансформаторы были изготовлены кустарным способом, они часто выгорали, при этом выделяли едкий специфический запах. Сергей Алексеевич обладал замечательным обонянием и, обнюхивая стойку, с точностью до блока указывал на дефектный блок. Ошибок практически не было. Но однажды Сергей Алексеевич оказался в замешательстве. Он позвал меня и говорит: «Что-то ничего не пойму, вроде где-то здесь неисправный блок, но почему из него спиртовым перегаром пахнет?». Мне сразу стало все ясно — за стойкой к этому блоку со щупом и осциллографом подбирался дежурный инженер Сергей Поздняков. Я пожал плечами, но дал знак Серее, чтобы он ушел. После этого неисправный блок Сергей Алексеевич моментально нашел без всякого осциллографа.

На этапе развития полупроводниковой элементной базы в процессе отладки машины практически ничто не изменилось, так как, несмотря на то что надежность полупроводников возросла более чем на два порядка, во столько же раз, а может быть и более, увеличилась логическая сложность комплексов ЭВМ, т. е. число логических элементов в машине.

Все разработки ЭВМ, которыми руководил Сергей Алексеевич, были внедрены в промышленность, а те, в «рождении» которых он принимал активнейшее участие, работая на этом тяжелейшем этапе создания по 20 часов в сутки (БЭСМ, М-20, БЭСМ-6), были на протяжении более сорока лет основными сверхбыстродействующими ЭВМ в Советском Союзе. Естественно, что на его работах по созданию ЭВМ и воспитывалось молодое поколение разработчиков суперЭВМ. Не случайно, что школой С. А. Лебедева создано и освоено в производстве подавляющее большинство имеющих оригинальные архитектурные решения отечественных ЭВМ, которые, несмотря на нашу отсталую элементную базу, были конкурентоспособными в мире. К этим разработкам необходимо отнести, кроме упомянутых выше, вычислительные машины, использовавшиеся как в гражданских, так и в военных комплексах — МВК Эльбрус-1, МВК Эльбрус-2, АС-6, СВС и ЭВМ чисто военного использования М-40, М-50, 5Э926, 5Э51, 5Э65, 5Э67, 5Э26. Такой другой отечественной школы ЭВМ просто не было. На это был способен только очень дружный коллектив, несомненным лидером которого был его создатель С.А. Лебедев. Сергей Алексеевич прекрасно понимал роль коллектива в создании новой области исследований и разработок и новой отрасли промышленности и уделял формированию такого коллектива не меньшее внимание, чем самим разработкам, производимым в его институте.

Для Сергея Алексеевича в жизни были два основных приоритета: работа и семья. Так вот его семья (да извинят меня родные Сергея Алексеевича) естественно распространялась на всех нас, работников ИТМ и ВТ, в особенности на молодое поколение. Мы участвовали в семейных праздниках Сергея Алексеевича, он вместе со своей женой Алисой Григорьевной был обязательным тамадой всех институтских праздников. Сергей Алексеевич не умел (на мой взгляд) произносить официальные тосты, но когда все немного выпьют и закусят, вокруг него всегда образовывалась компания, где он непрерывно предлагал тост за тостом, перемежая это с остроумными анекдотами и интересными рассказами. Алиса Григорьевна, зная неуправляемый характер своего мужа, очень внимательно следила за такими компаниями на вечерах, дабы не дать ему сильно разгуляться.

Вообще исключительной чертой Сергея Алексеевича была простота общения, активное обсуждение всех вопросов, даже чрезвычайно сложных, как в технике, так и в технической политике. С ним можно было спорить, доказывать, говорить не то, что он хотел бы слышать. Мы же все выросли невоздержанными, да еще, наверное, с гонором. Никогда мы не чувствовали после довольно жестких споров последствий со стороны Сергея Алексеевича. Я не знаю, терпел или не терпел Сергей Алексеевич подхалимаж, но то, что на подхалимаж он никак не реагировал, это точно.

Сергей Алексеевич был с нами не только на праздниках, но и в трудные для нас времена, глубоко вместе с нами переживая наши несчастья.

Расскажу такой случай. Мы возвращались с полигона домой, где не были несколько месяцев, и по дороге из Внуково в Москву попали в автомобильную катастрофу. Остался невредимым только я, остальные получили сотрясения, переломы, а мой очень хороший друг погиб на месте. Прошли тяжелые дни до похорон. И вот похороны на кладбище, мне, видно, было не совсем хорошо. Вдруг кто-то очень жестко взял меня за руку, и я слышу: «Севка, нельзя. Держись!» Это Сергей Алексеевич. Он все видел, чувствовал и был с нами.

Наиболее тесно взаимодействовал Сергей Алексеевич с коллективом на полигоне при создании первой экспериментальной системы противоракетной обороны (ПРО). Все тяжести полигонной жизни он делил с нами на равных: никаких генеральских гостиных и столовых. Все как мы. Гостиная — барак, удобства на улице при температуре —40 °С, вода полусоленая, пища для всех одинаковая — что бог послал. Иногда питание было неплохое: ловили рыбу, били сайгаков, возили фрукты из Ташкента, готовили сами. На полигоне Сергей Алексеевич жил по 2-3 недели в самые трудные

времена создания системы. Работали круглосуточно, иногда не уходили с объекта по двое-трое суток. Каждый «пуск», какой бы он ни был хороший или плохой, отмечали товарищеским ужином либо с горя, либо с радости. Должен сказать, что ламповая техника нас не баловала, да и опыта разработки таких систем мы не имели. Начало всегда трудное. Сергей Алексеевич не падал духом, он верил в наше дело, и благодаря его поддержке мы всегда доводили дело до выполнения поставленной цели.

Не обходилось без курьезов. Единственно, кого нам не хватало, так это Алисы Григорьевны. Если бы она знала, к каким последствиям может привести ее отсутствие. Расскажу только один случай. Как-то в субботу, по-моему, по поводу успешной работы (очередного «пуска») устроили товарищеский ужин. Хорошо поужинав, Сергей Алексеевич, как самый «заводной», обычно продолжал «гудеть» до утра. У меня организм имеет, наверное, спасительное свойство после определенного количества выпитого крепко засыпать. Поэтому проснувшись наутро часов в 10, я не понял, где нахожусь. Солнце светило во всю. Оглядевшись, понял, что лежу рядом с Сергеем Алексеевичем на берегу. Сергей Алексеевич курил «Казбек». Я спросил у него:

— Где мы находимся?

— Почем я знаю.

— А где машина?

— А машину мы отпустили. Коля (шофер) сказал, что ему надо в Сары-Шаган, а сегодня воскресенье.

— А поесть что-нибудь взяли?

— Ты что ж думаешь, я без всего поеду? Я пол-литра спирта прихватил. Вот папирос маловато. А мы не одни. Вон, там девчата из 1 отдела загорают, а Лева (Королев) с Игорем (Хайловым) пошли на промысел за рыбой на озеро.

Когда я пробился через камыш к воде, то определил, где мы находились — более 50 км от нашей площадки, в стороне от всех наших объектов и гражданских населенных пунктов. Было начало весны, сазаны выходили в мелководные места Балхаша и грелись в теплой воде. Этим воспользовались наши «рыбаки» и при помощи камней добыли двух сазанов. Разложили костер, спекли сазанов без соли, разбавили спирт соленой балхашской водой. Получился довольно противный, но калорийный обед. Папирос Сергею Алексеевичу хватило только на то, чтобы закурить после сытного обеда. Наконец мы стали осознавать, в каком положении оказались: ночи в это время года в этих местах холодные, могут быть даже заморозки, одежды практически нет. Постепенно выяснились и обстоятельства нашего незапланированного выезда на природу. Руководил всей операцией Сергей Алексеевич. Он распорядился погрузить меня с матрасом в машину, взял двух девушек и наиболее активных мальчиков, с которыми «прогудел» всю ночь, разбудили не совсем трезвого шофера Колю и в 6-7 часов утра поехали на пикник, куда глаза глядят. Надо сказать, что Коля был водителем высочайшего класса и обладал удивительным самоконтролем. Чем больше выпьет, тем медленнее едет. Если скорость снижалась до 10 км/час, это означало, что его надо подменить. Коля, хорошо знавший эти места, отвез всю компанию подальше, как и просили. А сам уехал в Сары-Шаган, где проживала его зазноба. Мне стало ясно, что за нами никто не приедет. Обсудив наше положение, решили идти в сторону дороги, надеясь встретить какой-либо транспорт. Нам повезло. Только мы вышли на дорогу, как встретили возвращавшихся с воскресной прогулки загорчан<sup>1)</sup>. Они с удовольствием нас подхватили. Но приключения в этот день еще не закончились. Поскольку мы неплохо расслабились за обедом на пикнике, а потом добавили с загорчанами, настроение у всех было веселое. И тут Сергей Алексеевич сказал, что скоро собирается сдавать экзамен на водительские права и ему нужно попрактиковаться

<sup>1)</sup> Сотрудников Загорского электро-механического завода.

в вождении. А это место лучше всего подходит для тренировки. Он сел за руль, я рядом для страховки. Скоро показались огни городка, и мы решили ехать напрямую по степи без дороги. Грунт был ровный и твердый, поэтому машина шла значительно легче, чем по дороге. Сергей Алексеевич, от восторга отпустив руль и прибавив газа, сказал: «Сама едет!» Но восторг был непродолжительным. Мы попали в расщелину, к счастью небольшую, и машина перескочила ее. Но в результате толчка Сергей Алексеевич лбом расшиб лобовое стекло ГАЗона (пошло множество трещин), а каркас тента машины изогнулся под воздействием людей, которые находились в кузове. Сергей Алексеевич, как ни в чем не бывало, сказал, что поведет машину дальше. Но это все сгоряча, так как шишка на лбу была довольно внушительной, и при обследовании врачи сказали, что небольшое сотрясение все же было.

В институте сложилось так, что мы работали по двум направлениям: военному (ПРО, ПСО, ЦККП и др.) и гражданскому (БЭСМ, М-20, БЭСМ-6, АС-6). Многим военная тематика не нравилась, так как ей зачастую давался приоритет в выполнении работ. Комплектующие в первую очередь отдавались на эти работы; разработка микросхем, печатного монтажа и системы автоматизированного проектирования также велась в первую очередь под военную тематику. Многие не знали, что все финансирование работ института, поставка необходимого оборудования и измерительной аппаратуры производилось под эту тематику. Сергей Алексеевич очень умело использовал военные заказы для развития гражданского направления. Тем не менее многие считали, что военные заказы в институт привлек я, и без них жилось бы гораздо лучше.

Как же все-таки пришла в ИТМ и ВТ военная тематика? Дело в том, что мы были не такие уж пай-мальчики, которые приносили Сергею Алексеевичу только одно удовольствие. Нас нужно было воспитывать, чтобы мы не пошли в разнос. Когда закончилась наладка БЭСМ, мы успешно сдали ее представительной комиссии в составе академиков Лаврентьева, Келдыша, Трапезникова, Соболева и член-корреспондента Брука. За сдачу мы с Г.Т. Артамоновым получили премию по 70 рублей, которую тут же реализовали в ресторане «Якорь». Далее настали достаточно однообразные дни работы в смене по эксплуатации БЭСМ. У нас была очень дружная смена: Сергей Поздняков — поэт, писатель, прошедший войну в СМЕРШе; Леонид Орлов — выпускник физического факультета МГУ, прекрасный музыкант и заводила; мой дипломник Герман Артамонов — выпускник мехмата МГУ — и я. У нас установился следующий график работы ночной смены. Обычно с 8 до 9-10 часов вечера проводилась профилактика или восстановление работоспособности машины. Некоторая работа с пользователями (математиками) — помощь в отладке задачи до 10-11 часов и ресторан с 12 до 5-6 часов утра. В это время машина эксплуатировалась техническим персоналом. Все было бы ничего, если бы не КГБ. На БЭСМ начали считать задачи особой важности (наверное, атомщиков и кумулятивные взрывы и т.д.). Нам дали допуск к работам Особой важности. А сотрудники КГБ очень дотошно расспрашивали, как из машины можно извлечь и унести информацию особой важности, которую на ней предполагали обрабатывать. Вопрос для нас оказался слишком сложным, так как мы понимали, что каждый грамотный инженер может извлечь эту информацию отовсюду, а им хотелось, чтобы это было одно место. В результате совместных усилий определили, что этим местом является магнитный барабан. Соорудили колпак из плексигласа на барабан с местом для его опечатывания. Охрана регулярно фиксировала наличие печати с занесением этого факта в журнал. Первый инцидент с КГБ не заставил себя ждать.

Одним из первых математиков, работающих на БЭСМ, был член-корреспондент АН СССР Алексей Андреевич Ляпунов. Он любил выходить со мной в одну смену, так как теория программирования это одно, а отладка программы на первой ЭВМ — это другое. Я хорошо умел последнее. Помогал опыт, накопленный на отладке БЭСМ при

работе ночами с Сергеем Алексеевичем. Однажды А. А. Ляпунов пришел пораньше, и мы начали работать. Машина работала хорошо, и мы увлеклись, получив какой-то, как сказал Ляпунов, гениальный результат. Я забыл про время, а ребята звонят из ресторана — все накрыто, ждем. Было 12 часов ночи. Я сразу спросил Алексея Андреевича:

— А что делать дальше с этим гениальным результатом? Он же в оперативной памяти на ртутных трубках циркулирует.

— Ну, так запишем на барабан.

— Какой барабан? Он же КГБ опечатан!

На что Ляпунов ответил:

— Мой результат в сто раз важнее всего, что там записано и опечатано!

Времени размышлять у меня не было и я записал его результат на барабан, стерев большой пул информации, записанный атомщиками. Утром сотрудники, считавшие атомный взрыв, пришли на работу и ахнули. Все пошли к Сергею Алексеевичу с вопросом, что делать, если об этом узнают сотрудники КГБ. Я «по-тихому» рассказал Сергею Алексеевичу, что положение можно исправить в течение одного часа. Мой тезка, математик из ИПМ <sup>1)</sup>, не доверяя надежности барабана и своим коллегам, дублировал всю барабанную информацию на магнитную ленту, с которой не расставался. Сергей Алексеевич сказал, что берет на себя задержку на час. Я позвонил тезке домой и через час информация на барабане была восстановлена. Дело до КГБ не дошло. Первый отдел здорово возмутился. Мне «влепили» выговор. На этом все успокоились.

Однако столкнуться с работниками госбезопасности мне вскоре все же пришлось. Однажды все шло по заведенному графику, но когда мы вернулись из ресторана, оказалось, что управление магнитной лентой барахлит. Это была локальная неисправность стойки управления барабаном и лентой. Так как Ляня Орлов сам разрабатывал это устройство, он хорошо знал этот узел. У нас не было никакого сомнения, что он один справится с этой неполадкой и поэтому пошли прикорнуть до конца смены. Все так и было, он быстро нашел неисправность и последовал нашему примеру. Но проснулись мы не сами: нас подняли сотрудники КГБ. В нашу смену была сбита печать с кожуха барабана, а сам кожух деформирован. Видно Ляня, когда искал неисправность, споткнулся об этот кожух и либо не заметил, либо просто не сказал о происшедшем (не хотел нас будить). Оставил это до утра. На этот раз шум был большой. Меня лишили формы допуска ОВ и я не мог продолжать работать в смене эксплуатации БЭСМ. Нашу смену просто ликвидировали. Сергей Алексеевич, безусловно, знал наш «график» работы в «ночную», но результаты работы комплекса в наши смены были наилучшими. Нотации читать, я так думаю, Сергей Алексеевич считал бесполезным делом и по своему решил эту задачу — по существу: он загрузил нас работой, так как первопричиной нашего поведения был избыток энергии.

Как-то утром он вызвал меня к себе и сказал: «Одевайся, хватит дурака валять, поедем». Мы приехали в НИИ-17 к замечательному человеку — генеральному конструктору радиолокационного оборудования В.В. Тихомирову. Сергей Алексеевич поставил перед нами задачу оцифровки данных радиолокационной информации и ввода ее в ЭВМ. Нам выделили самолетную РЛС обзорного действия — «Топаз» — с тем, чтобы мы осуществили построение траекторий целей и одновременное их сопровождение. Работая в Кратово по натурным целям, мы успешно выполнили поставленные задачи. Для этой цели были построены две специализированные ЭВМ: «Диана-1», осуществлявшая фильтрацию и преобразование данных РЛС в дискрет-

<sup>1)</sup> В.С. Штаркман.

ную форму, и «Диана-2», осуществлявшая сопровождение целей и наведение истребителя на цель. Работа была проведена очень своевременно, так как поставленную проблему ПРО можно было решить только с использованием цифровой информации, получаемой с РЛС. При первой же встрече Сергея Алексеевича с Г. В. Кисунько было определено, что иначе, как путем широкого использования в системе наведения ЭВМ и цифровых каналов связи, другого способа решения проблемы ПРО нет. Так пришла в ИТМ и ВТ военная тематика.

Нельзя говорить о человеке, отмечая только его положительные качества. Однако я не могу назвать отрицательных сторон во взаимоотношениях Сергея Алексеевича с сотрудниками. На мой взгляд, Сергей Алексеевич, несмотря на положительное восприятие нового в проводимых за рубежом работах, был существенно консервативен по отношению к внедрению зарубежных новшеств. Однако этот консерватизм во многих случаях избавлял нас от бросовой работы. Мы, вычитав что-нибудь в журналах, шли к Сергею Алексеевичу и говорили, что то или иное новшество надо как можно быстрее использовать. Он как всегда говорил: «Поживем, увидим». И зачастую действительно эти новшества либо не приживались в мировой практике, либо были дезинформацией. Но были и случаи, когда мы явно опаздывали с внедрением, как, например, памяти на ферритах.

Сергей Алексеевич, возможно, одним из первых использовал моделирование архитектуры ЭВМ на ЭВМ. Он, работая с Сашей Томилиным, впервые при разработке БЭСМ-6 использовал математическое моделирование. Сергей Алексеевич всегда принимал глубоко обдуманные, проверенные на практике решения. Так на мою просьбу установить ЭВМ специально для целей автоматизированного проектирования долгое время не давал согласия. Только после того как я показал, к чему приводит ручной монтаж; платы второго уровня для первой ЭВМ, построенной на базе интегральных схем (ЭВМ 5Э26), он созвал совещание с участием заместителя министра Н.В. Горшкова, на котором решили, что без автоматизации проектирования вести разработку невозможно. Зеленый свет для автоматизации проектирования был открыт. Отношения Сергея Алексеевича с заводом и Министерством, включая министра Калмыкова, были превосходными. Они знали, если С. А. Лебедев дал добро на внедрение той или иной новой технологии, то это решение взвешенное и своевременное. Надо сказать, что, наверное, благодаря такому подходу к принятию того или иного решения, в институте практически не было работ «в корзину».

Сергей Алексеевич всегда был на стороне завода. Так, например, я добивался справедливости в том плане, что как же так, завод не выполняет своих обязательств по заказам института и получает премии, а мы из-за этого не можем выполнить план и лишаемся премий. Сергей Алексеевич сказал: «Ну, давай не подпишем заводу выполнение нашего заказа. Что от этого изменится?» Мы не подписали заводу выполнения плана, завод перевыполнил план по другому заказу, и получил хорошую премию, а мы премии были лишены. После этого Сергей Алексеевич сказал мне: «Ну, чего ты добился? Испортил отношения с заводом и только. Остальное осталось все по-прежнему». Для меня это было уроком на всю жизнь.

Однажды в беседе Сергей Алексеевич высказал свое мнение о принципах развития институтов и наукоемких направлений. Он считал, что возможности развития и получения новых заказов необходимо давать в большей мере тем институтам, от которых получен реальный выход, а те, которые не дают выхода, просто прикрывать. В то же время, когда к нашему институту обратилось правительство с тем, чтобы мы возглавили тематику ЕС ЭВМ, Сергей Алексеевич крепко задумался, много беседовал на эту тему с коллективом и отказался от этой почетной и нужной для страны работы. Решение было, безусловно, правильным. Рамки работы ЕС ЭВМ существенно ограничили бы развитие школы С. А. Лебедева в направлении создания новых архитектур суперЭВМ. Сергей Алексеевич прекрасно понимал, что именно

направление создания суперЭВМ является передовым фронтом развития всей вычислительной техники. Именно поэтому руководимый им институт являлся флагманом развития этой новой отрасли в нашей стране. По этой причине, в первую очередь, мы отказались возглавить направление ЕС ЭВМ.

## Воспоминания о брате

Т.А. Маврина (Лебедева)

Сергей, оказывается, сидел, поджав одну ногу под себя! Также, бывало, сидел наш отец. Так же сижу и я — что же это, фамильное? Или наше татарское, кинешемское происхождение? Отец родом оттуда, у меня в паспорте до сих пор стоит «костромская».

В Н. Новгороде все товарищи Сергея были музыкантами. Играл и он на пианино, особенно любил Бетховена. Переехав в Москву, не пропускал концерты классической музыки.

Любил Гамсуна и «Сольвейг» (Ибсен), импрессионистов. Находил интерес и общий язык с нашими друзьями — художниками. Любил фотографию и от него остались хорошие снимки (Москва).

Как педагог, я имела в этом возможность убедиться, когда он меня учил высшей математике для какой-то нужды, он был идеален, терпелив и понятен для ученика.

В Н. Новгороде летом на даче, на Оке у нас была парусная лодка. Сергей, бывало, сидел на руле. Отец управлял большим парусом, я кливером. Лодка была расписана цветными узорами диких индейцев по книжке Ранке «Человек» (так, кажется, она называлась), и еще была одна книга «Вселенная и человечество», может и оттуда брали орнамент. Название же лодки было «Кляча», трехвесельная и тяжелая.

Любовью к диким индейцам мы были заражены, читая «Гайавату» в переводе Бунина. Сергей изображал вождя индейцев. Для этого мы с сестрой, купив *на свои деньги* черного коленкору, сшили ему широкие штаны на помочах. На голову же прилаживали шапку с перьями, которые несколько лет собирали по полям, особенно ценились индюшачьи, из них спускался длинный хвост по полу.

Сергей выходил из тесной комнаты и декламировал стих коллективного сочинения:

Мы индейцы народ крепкий,  
Не боимся мы штыка,  
Не боимся мы пули,  
Ни призывного рога.  
Вооружившись в лук и стрелы,  
Храбро двинемся вперед,  
На врагов пойдем мы смело  
И побьем врагов!

Сергей хорошо играл в лапту, козны, чушки, в чирика. Там, где надо было метко попадать, — он попадал. Очков еще не носил. А когда испортились его глаза — я что-то не помню, думаю, что от темноты и чтения в темноте (некоторые годы нашей жизни).

В раннем детстве он не выговаривал букву «К». Отец по вечерам его учил говорить эту зловещую букву. «Атя!» «Атя!» И, наконец: «К, к, Катя», — со слезами на глазах.

Любил с отцом играть в шахматы, когда проигрывал (называлось «загнать в чуланчик»), то сопел, но не плакал. Играли они на круглом шахматном столике об одну ножку, в которой был тайник для нелегальной литературы (изделие нашего

дяди Михаила Ивановича Лебедева из окружения Горького в Н.Новгороде). Стол его же работы с потайными ящиками, может, и сейчас сохранился.

Театр. Сделали ящик, из платка — занавес. Он раздвигался, в ящик ставилась картинка, иллюстрация к царю Салтану (рисовали мы с сестрой), впереди горели елочные свечи. Зрители были мать и кухарка. Сергей читал Пушкина, мы меняли картинки на каждую почти строчку. Говорил Сергей с пафосом:

«И в светлицу входит царь,  
Сторонытый государь».

Это слово «сторонный» была наша поправка Пушкина — значила она, что царь очень важный, «сторонный».

Сергей, главным образом, мы помощники, мастерил динамо-машину. Мы долго и упорно собирали станьоль, т. е. серебряные бумажки от чая, конфет, их рвали мелко и наполняли лейденскую банку. Провод проходил от махового колеса через эту банку и должно быть электричество...

Нет, наши пальцы его не чувствовали, зато на кошке шерсть вставала дыбом и она с визгом убегала.

Зимой Сергей долбил из подходящего полена корабль «Фрам» (Нансена). Набивал киль, мастерил мачты, канаты, мы прилаживали флаги и паруса, все раскрашивали. Корабль готов! Ну, скорее пусть тает снег и бегут ручьи по нашей Студеной улице... Но корабль валился на бок. В следующую зиму делали новый... Потом началась война. Корабль так и не поплыл.

В Курмыше на Суре весной по большой воде мы катались на лодке по вечерам, захватывая и немалый кусок ночи. Всегда оставляли незапертыми одно из окон большого дома, чтобы никого не будить, когда вернемся. В старом парке ухал филин. Закат и светлая ночь уже без звезд.

Мы пробирались между кустами, задевая их веслами. А кусты эти были верхушками леса. Мелководная Сура в разлив делала такие же чудеса, как и наша Ока и Волга.

В большой разлив в Нижнем Новгороде, когда еще не поставлен плашкоутный мост, при переправе через реку весла цеплялись за телеграфные провода. На Суре плыть по верхушкам леса было еще неизведанное счастье.

Когда вода спала, мы, получив по командировочному удостоверению ландрин, селедку и черный хлеб — на дорогу, поехали пароходом до Васильсурска и дальше до Нижнего. А осенью, нагрузившись только яблоками (из знакомого сада надавали), поплыли в Сарапуль на Каме, куда направил Наркомпрос отца. В пути ели яблоки, спали в пустых каютах.

У Казани пароход стоял долго, можно было посмотреть город, но зыбучие пески нас туда не пустили. Пристань была далеко от города. Зато Кама с нестеровскими берегами и голубой, очень сильной водой, была обворожительна. Она уже Волги и уже Оки — берега с обеих сторон высокие, лесистые, потом пониже.

Сарапуль ближе Уфы. Пристань такая же, как везде. Осень. Еще ярче нестеровские пейзажи — темные елки на желтом лесе. Лиственница осенью ярко и густо и мягко золотая, от нее и получается нестеровский пейзаж.

Кочевая жизнь нашего семейства кончилась в 1921 г. — в Москве. По вызову А. Луначарского и Лещенко отец по осени покинул Сарапуль на Каме, уехал в Москву организовывать «Диапозитивный подотдел Фотокиноотдела» при Наркомпросе.

С собой взял Сергея (19 лет) доучиваться в гимназии. Мы с Катей и мамой остались среди нестеровских пейзажей, на беловодной быстробегущей Каме.

Недалеко от пристани, на нашем берегу стоял тогда одиноко полуразрушенный, двухэтажный, деревянный, добротный когда-то дом. «Местная Третьяковка» — так мы его называли и заглядывали туда часто.

По воле владельца дома — купца-фантазера или художника — все стены внутри были записаны копиями известных картин из ГТГ — масляными красками в натуру: «Три богатыря», «Фрина», «Пир», «Аленушка», «Майская ночь» и др. На дверях, окнах, лестницах — фрагменты. Записано все сплошь.

Теперь мы уже без Сергея ползаем по ветхим стропилам, может еще что-нибудь обнаружим. Лазили с «опасностью для жизни», как любили говорить в детстве.

Местные жители «домом» не интересовались.

Жили мы тогда в пустой школе на краю города, за большим пустырем, прозванным нами «Акакием Акакиевичем». Спали на партах, вместо столов — нераспакованные с Нижнего Новгорода еще ящики с негативами и книгами. На них мама варила кашу из ржаных зерен, а мы с Катей рисовали клеевыми красками на картонках «школьные пособия» — зверей из книги Кунерта. Свободное время проводили в городской библиотеке, два раза проходя через «Акакия Акакиевича». Один раз на пустыре встретили Рину Зеленую на каблучках, в костюме, но чаще никого не было.

В библиотеке поглощали все книги по искусству. У Меер-Грефе я вычитала, что Э. Мане написал «картину» — пучок спаржи. Пронзила мое провинциальное сердце эта «спаржа» можно сказать — на всю жизнь. Живет и сейчас. Прижилась еще одна фраза из Волынского — «эпоха познается по отношению к «улыбке Джоаконды» — может не очень точно пишу (по памяти девяностолетней), но смысл такой. Запомнилось тоже на всю жизнь.

Зима на Каме — 40°-50°, неистовое голубое безветренное небо, крупнозернистый хрустящий голубой же снег.

А на базаре продают горячие шаньги (блин, намазанный картошкой) на керенки — говорливые бабы сидят на кадушках, покрытых лоскутными одеялами, нам на таком морозе дышать трудно — а им нипочем.

В такую голубую погоду приехал Сергей с мандатом на «кладь» и на нас. Стали собираться. Мама с обритой головой после тифа, в кенгуровой ретонде до пят; мы с Катей кой в чем. Самое интересное был мой милый младший братец: гимназическая шинель в накидку — надеть нельзя — вырос из нее — на ногах, вместо обуви, зашитые внизу рукава от ватного пальто. Роста небольшого в свои 19 лет, не подросток вовремя от бескормицы в нужные года — все мальчик.

И в таком виде будущий кибернетик устроил наш переезд с максимальными по тем временам удобствами: своя теплушка, с засовом на двери от осаждающих в пути, печурка на железном листе среди ящиков (наша «кладь»), да мешок сухарей, выменянный у сапожника на башмаки.

Теплушку прицепили к московскому поезду (все Сергей!) и через две недели поставили на запасных путях под Москвой.

Вышли из вагона — московская слякоть, сразу же промочили ноги. Кой-что взяв, заперев вагон, пошли пешком на М. Сухаревскую площадь, д. № 6, кв. 25. Сергей — проводник.

К вечеру уже ахнули, увидев перед собой Сухареву башню (знакомую по Грабарю), настоящую на большой площади, на той ее стороне и дом № 6. Проводник нас привел куда надо. Он не сказал про башню, а от нее-то и охватил восторг приезда в Москву — несмотря на мокрые ноги.

Жить около башни, зная все с ней связанное, легенды и бывальщины. А Наташа, двоюродная сестра-староверка (это потом) откуда-то узнала, что чернокнижник Брюс даже замуровал в ее стенах саму «Голубиную книгу»: «ключ небесный» — «премудрости земные».

Счастливым оказался еще трамвай № 17 — проходил через всю Москву, ныряя под Сухареву башню, от «Крестовской заставы» — до «Новодевичьего монастыря»... Возил бесплатно (денег вообще в Москве не было в те годы). Можно было ездить

до «Румянцевского музея» (Ленинской библиотеки). Зимой там тепло, светло, вода и книги, сколько хочешь, заходи в высоченные железные двери по обширной лестнице среди украшенных стен и потолков, заказывай по каталогу... Жалко не знала я тогда, что из Кремля и из Чертолья Иван Грозный прорыл подземные потайные ходы к этому дому. Совсем не простой «Пашков дом»!

Читала книги по искусству и по медицине, весь остаток зимы я проводила здесь. Хотелось быть доктором, как Чехов — но весной поступила во Вхутемас, Катя в Институт востоковедения. Сергей отлично сдал за пропущенную гимназию и поступил в Бауманское высшее техническое училище, стал кибернетиком, строя в Киеве «счетную машину».

## Вспоминая об отце

*Сергей Лебедев (младший)*

На углу дома N21 Новопесчаной улицы висит мемориальная доска:

ЗДЕСЬ С 1951 ГОДА  
ПО 1974 ГОД ЖИЛ  
ГЕРОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО ТРУДА  
ЛАУРЕАТ ЛЕНИНСКОЙ И  
ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРЕМИЙ СССР  
АКАДЕМИК  
СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ  
ЛЕБЕДЕВ

В квартире академика в день рождения Сергея Алексеевича собираются его друзья и соратники. Такие встречи в этот день происходят ежегодно, начиная с 1951 г., и после смерти отца они посвящены его памяти. Да, был выбран именно день рождения, поскольку Сергей Алексеевич всегда оставался и, надеюсь, долгие годы будет оставаться живым в памяти его друзей, близких, и всех тех, кому привелось общаться с ним хотя бы недолго.

Вечер памяти отца 2 ноября 2001 г. начался с двух тостов, которые подсказали мне, на чем сосредоточить эти воспоминания.

Первый тост — за отца — произнес Игорь Михайлович Лисовский: «Есть два типа ученых. Один — это ученый-организатор, который объединяет вокруг себя коллектив талантливых людей и направляет их творческую энергию на выполнение намеченной большой задачи. Другой тип — творческий ученый, целенаправленно работающий над поставленной им научной или технической проблемой. Сергей Алексеевич успешно объединял в своей деятельности оба этих типа. Он был не только выдающимся конструктором, разработавшим новые отечественные ЭВМ, но и талантливым организатором, сумевшим в кратчайшие сроки создать сначала в Киеве, а затем и в Москве, высококвалифицированные коллективы сотрудников, зажечь их своим энтузиазмом, раскрыть и направить их таланты на достижение общей большой цели. Имеются различные определения понятия «счастье». По моему мнению, счастье — это реализация страсти на пути, ею подсказанном. Уверен, что Сергей Алексеевич, творческий путь которого принес ему немало славных свершений, был счастлив».

В следующем тосте я сказал: «В жизни отца работа занимала главное место и он отдавался ей полностью, со всей душевной страстью. В немалой степени этому способствовала атмосфера нашего дома. А его царицей, гениально умевшей организовать наш семейный уклад так, чтобы всем нам и, главным образом, отцу можно было

жить в доме, с одной стороны, беззаботно, а с другой — интересно, была мать, Алиса Григорьевна. Она удивительным образом умела объединять людей, «закабалая» их и делая верными друзьями. Свидетелями этому являетесь и вы, дорогие наши гости, долгие годы работавшие вместе с отцом, ставшие друзьями нашей семьи и ежегодно приходящие сюда 2 ноября, чтобы отметить годовщину рождения отца и почтить его память. Сколько я себя помню, друзья отца и матери приходили к нам в гости, привнося в дом атмосферу веселья, непринужденного общения и доброжелательности. Отец в эти часы отвлекался от своих деловых забот, за столом часто звучал его неповторимый смех, он отдыхал душой. Чтобы понять, насколько интересно было в нашем доме, я только назову имена некоторых гостей. До войны у нас часто бывали Ильф и Петров, Олеша, Зощенко. В Киеве, а затем в Москве — Тимошенко и Березин, Сичкин, Гердт, Рихтер... Для нас имена отца и матери неразделимы. И я предлагаю вслед за отцом помянуть и Алису Григорьевну».

Желание обрисовать портрет отца через призму семьи неизбежно приводит к поиску истоков. А в нашей семье таким истоком, а вернее сказать полноводным потоком, была мать. Она с юных лет проявляла свои таланты: играла на виолончели, занималась в театральной студии, играла в нескольких спектаклях. Но главным ее талантом была удивительная коммуникабельность, умение войти в положение каждого и, при необходимости, прийти на помощь, независимо от того, была ли высказана просьба о помощи. Это все и, кроме того, яркая внешность и богатый внутренний мир собирали вокруг нее очень интересных людей.

*Информация для любознательных.*

*А.Г. Лебедева родилась 17 января 1911 г. Отец Григорий до революции работал консультантом по экспорту из России пшеницы (фантастическая по нынешним временам профессия!). Мать Елизавета Сергеевна окончила Московскую консерваторию по классу рояля. Ее игра была удостоена похвалы Антона Рубинштейна.*

У Алисы Григорьевны было немало поклонников, но она не спешила с выбором. И вот однажды на одном из подмосковных пляжей, когда она в одиночестве медленно плыла вдоль берега, не слишком удаляясь от него, из глубины вод прямо перед ней вынырнул молодой человек. До этого она даже не обращала на него внимания. Но теперь его эффектное появление пробудило ее интерес, и чем больше она затем присматривалась к незнакомцу, тем больше этот интерес увеличивался, постепенно перерастая в иное чувство...

Прошло некоторое время, и состоялась оригинальная свадьба Сергея Алексеевича Лебедева и Алисы Григорьевны Штейнберг: брак, как часто практиковалось в те годы, не был официально зарегистрирован, а «свадебная церемония» свелась к посещению цирка. Расписались родители только после моего рождения.

Особую роль в жизни отца играла семья Ритманов. Анну Рафаиловну Гурвич, по-видимому, познакомила с Сергеем Алексеевичем его сестра Татьяна. В то время Татьяна и Анна обе учились во ВХУТЕМАСе.

*Информация для любознательных.*

*Татьяна Алексеевна Лебедева (1900-1996 гг.) — художница, работавшая под фамилией матери Маврина. В 20-е годы входила в группу «Тринадцать» вместе с мужем Николаем Васильевичем Кузьминым.*

У Анны Рафаиловны были проблемы с экзаменами по математике, и отец с зачеткой на имя А.Р. Гурвич успешно сдавал их за нее. Возможно, именно Аннушка приобщила Сергея к компании Алисы, оказав тем самым существенное влияние на его дальнейшую жизнь.

Вскоре Сергей Алексеевич и Исай Аронович стали большими друзьями. Они часто встречались, вместе отмечали семейные события. После присвоения в 1935 г. звания профессора, отец получил в кругу своих друзей кличку «профессор-шалун». В веселом настроении он вел себя как мальчик. По рассказу сына Ритманов Рафы,

выходя от них вместе с другими гостями после застолья, отец вырывался вперед, оседлав перила лестницы, и нажимал кнопки звонков. Объясняться с выходящими на лестничные клетки соседями приходилось отставшим.

Прежде чем двигаться дальше, сделаю небольшое отступление, объясняющее стиль последующего изложения. Его нельзя расценивать как биографию, хотя описываемые события располагаются, как правило, в хронологическом порядке. Это своего рода мозаика, отдельные картинки из жизни семьи и ее близкого окружения. Мы, дети Сергея Алексеевича, попытались обрисовать образ его жизни в семье, увлечения (помимо профессиональных), черты характера, иногда перебрасывая мостки к их проявлениям в работе. Мы понимаем, что это непростая задача, но все же делаем попытку в надежде, что удастся показать хотя бы часть того, что важно для запечатления образа отца.

Молчаливость отца, который редко рассказывал что-либо, а о себе, кажется, вообще никогда, определила характер наших воспоминаний (они являются коллективными и оформились в результате совместного обсуждения). Основной их источник — рассказы матери и друзей отца. Многие фрагменты надо принимать как семейные легенды. С годами они претерпевали изменения, в них незаметно внедрялись неточности. В результате воспоминания, хранимые только в нашей памяти, переходили из разряда летописных в область семейного фольклора.

В 1996 г. ушла из жизни Татьяна Алексеевна Маврина, немного не дожив до 96 лет. Она оставила прекрасно написанные воспоминания о брате, которые включены в эту книгу и воистину бесценны, поскольку теперь уже не осталось никого, кто мог бы рассказать, да еще так ярко и талантливо, о детских и юношеских годах отца.

В памяти удалось сохранить до обидного мало из того, что рассказывала мать о том периоде, когда дружба с семьей Евгения Петрова привела к знакомству и даже к приятельским отношениям родителей с людьми, ставшими легендарными. Кроме Валентина Катаева, Корнея Чуковского, Ильи Ильфа, Фадеева, Зошенко, Олеси, Светлова, Ардова мне запомнились имена художника Константина Ротова, боксеров Константина Градополова и Якова Брауна. Я помню много связанных с ними ярких историй, рассказанных матерью, но эти истории имеют все же побочное отношение к воспоминаниям об отце.

**В эвакуации.** Осенью 1941 г. началась массовая эвакуация московских предприятий. Когда в октябре <sup>1)</sup> мы прибыли в Свердловск, оказалось, что эвакуированных негде разместить. Сначала все как-то расположились в заводском клубе —

<sup>1)</sup>В воспоминаниях Д.В. Свечарника эвакуация ВЭИ датирована сентябрем. Но семьи сотрудников ВЭИ выехали из Москвы в середине октября, когда в Москве царил паника и многие уходили пешком. Я четко помню, что отец ехал в поезде вместе с нами: под Бум он стоял в цепочке мужчин, передававших ведра с водой для заправки паровоза. Возможно, он вернулся из Свердловска с тем, чтобы перевезти нас.

на сцене, в зале, в фойе. Но перед 7 ноября пришел какой-то начальник и заявил: «У нас завтра праздник, а вы нам портите антураж!», и всех распахали кого куда. Семью Лебедевых поместили в предбаннике. Спали на полу на тонких подстилках. Из-под наружной двери несло ледяным холодом, а из моечной наваливалась жуткая влажность. Сестры, а им тогда было по два с половиной года, начали было простужаться, когда о нашем положении узнали Ритманы, эвакуированные в Свердловск на один-два месяца ранее. Уплотнившись, они взяли нас к себе.

Гостили мы у Ритманов недолго. Власти обратились к жителям Свердловска и те откликнулись. Сами жившие в неважных условиях, они приняли у себя оставшихся без крова людей. Мы въехали в большую комнату двухэтажного деревянного дома с оставленной там мебелью. Здесь мы жили две зимы и лето (1942 г.).

Хотя в Свердловске отец очень много работал, трудные бытовые обязанности он брал на себя. Типичен такой пример. На отоваривание продовольственных карточек приходилось тратить много времени: на всех продуктов не хватало и надо было выстаивать громадные очереди. Отец затемно выходил из дома и в шестом часу утра становился в конец уже немалой очереди; многие занимали ее с вечера. Утром его сменяла мать. Несколько раз, когда отец отходил по необходимости, его по возвращении «не узнавали». Отстаивать свои права он не умел, да и не хотел. Приходилось становиться в конец сильно удлинившейся очереди.

Отец ежедневно работал до ночи и домой приходил очень поздно. Но он часто думал о нас. Я чувствовал его внимание к семье... Желание разнообразить жизнь сына, внести в нее интересную новинку побудило отца сделать мне подарок к Новому году. Благо мастерские ВЭИ способствовали этому. С детства отец увлекался столярными работами. По-видимому, к этому делу он пристрастился под влиянием дяди Михаила Ивановича, известного в революционных кругах Нижнего Новгорода под кличкой «столяр Михаил Иванов». На вопрос о своей профессии отец обычно шутливо отвечал: «Я не столяр — я краснодеревщик». Выкраивая свободные минуты, отец смастерил для меня пулемет. Все его детали были выполнены из дерева, тщательно выструганы и подогнаны так, что пулемет собирался и разбирался на части. И все это без единого гвоздя! От такого подарка я пришел в восторг. Но, увы, поиграть с ним не удалось. На следующий день мать выкупила его у меня за 5 рублей (на марки) и использовала для приготовления обеда — дров в доме не было, все вокруг, чем только можно было топить, было уже собрано и сожжено...

Я не услышал от отца ни слова упрека. Возможно, и даже можно сказать — почти наверняка, он не попрекнул мать. Но легко себе представить, что творилось в его душе, какую обиду мы нанесли ему!

От холода страдали все эвакуированные. И руководство ВЭИ решило заготовить дрова своими силами. Было получено разрешение на выборочную вырубку леса, сотрудники ВЭИ были разбиты на бригады. И вот в составе одной из таких бригад зимой 1942 г. отец на неделю выехал на заготовку дров. Морозы были умеренные, и он взял с собой меня. Красота зимнего леса, новизна жизни в палатках оставили большое впечатление.

Бригада, целиком мужская, была разбита на пары, которым предстояло валить деревья. В лагере оставались двое, готовившие хотя и скудное, но трехразовое питание. Сосны, предназначенные для валки, были заранее отмечены зарубками. Каждой паре был выделен участок — за день полагалось спилить 100 деревьев. Бригада занималась только валкой деревьев, их разделка предназначалась следующей бригаде. После утренней смены все собирались на обед. На школьной доске, повешенной на дерево, мелом записывали числа деревьев, поваленных каждой из пар за первую смену и за весь день.

В паре с отцом работал Д.В. Свечарник. Это была самая великовозрастная пара в бригаде. Весь день я был рядом с ними. Отойдя в сторонку, чтобы не попасть

под падающее дерево, наблюдал за их работой. В первый же обеденный перерыв я испытал сильное разочарование. Все утро я любовался работой отца, такой умелой, будто он всю предыдущую жизнь только тем и занимался, что валил деревья. И вот оказалось, что пара Лебедев — Свечарник спилила меньше всех — только 47 деревьев.

Теперь я понимаю, что все, чем ни занимался отец — разрабатывал ли принципиальные схемы ЭВМ, столярничал ли, валил ли деревья — все он делал обстоятельно, без спешки, профессионально. Это снижало вероятность возможных ошибок и, в итоге, приводило к сокращению времени выполнения работы. И тогда, в лесу под Свердловском, он не спешил, тщательно выбирал направление, в котором удобнее свалить дерево, аккуратно подрубал сосну с двух сторон: пониже со стороны, куда она должна была упасть. Вел пилу равномерно, без рывков, но и без пауз, типичных для импульсивных пильщиков. Эту его манеру я отметил уже позже, занимаясь вместе с отцом распилкой бревен на подмосковной даче. Отец старался выполнять любую работу как можно лучше, не гонясь за количественными показателями, но в то же время, не допуская отставания: норму 100 деревьев он со Свечарником выполнял ежедневно. Далее я еще вернусь к теме об отцовской манере работать.

В Свердловске почти все светлое время дня я проводил во дворе, в играх с ребятами моего возраста. Не обходилось и без курения. Однажды незнакомый нам парень, года на 3 старше нас, принес папиросу и дал каждому из нас «затянуться». За это он велел принести ему на следующий день по две папироски.

С табаком у нас в доме обстояло плохо. И отец, и мать были заядлыми курильщиками. Основным куревом была махорка. Папирос было мало. Использовались даже окурки. Из них извлекались остатки табака и с помощью незамысловатого приборчика набивались пустые бумажные гильзы. Получающиеся «папироски» хранились в ящике тумбочки и были наперечет... И вот я вытащил из этого ящика две папироски и отдал их малолетнему «рэкетиру».

Пропажа была быстро обнаружена. Вечером пришел отец и, узнав о краже, тут же принял меры. Со словами — «воры нам в доме не нужны» — он выдал мне мои продовольственные карточки и выставил меня за дверь на улицу. Я плакал на пороге дома, мать уговаривала отца простить меня, но тот был неумолим. Только после полуночи «блудному сыну» было позволено вернуться в лоно семьи. Причем, без каких-либо нравоучительных слов!

Этот урок я запомнил на всю жизнь. Воспитательный прием отца оказался очень эффективным. После этого дня я бросил курить — на всю жизнь. Ну а о воровстве — и говорить не приходится.

Воспитанием своих детей отец занимался постоянно. Основным средством был личный пример. Назидания и нравоучения вообще не входили в его арсенал. По отношению ко мне ему пришлось два раза прибегнуть к ремню. Порол он до тех пор, пока я не переставал плакать, предварительно ознакомив меня с условием окончания наказания. Этого оказалось достаточно, чтобы к 8 годам я абсолютно потерял вкус к капризам и другим недостойным мужчины поступкам. Что касается сестер, то не могу припомнить ни одного случая, когда бы отец их наказывал.

**В Киев.** В книге «История вычислительной техники в лицах» (Б. Н. Малиновский, Киев, 1995) достаточно внимание уделено определению того времени, когда отец начал думать о разработке цифровых вычислительных машин. Очевидно, что к 1945 г. им уже была продумана принципиальная схема ЭВМ. Об этих работах узнала ректор МЭИ (Московского энергетического института) В. А. Голубцова (жена Г.М. Маленкова), вероятнее всего через А.В. Нетушила. Голубцова побеседовала с Сергеем Алексеевичем и обещала организовать встречу в верхах.

Этой встрече предшествовала специфическая подготовка. Голубцова пригласила к себе Алису Григорьевну на сугубо женский разговор. Она поинтересовалась, есть ли

у отца костюм, который мог бы соответствовать грядущему событию. Такого костюма, естественно, не было, и был выписан ордер на высококачественный дефицитный материал. По заказу срочно сшили костюм, в котором Сергей Алексеевич пошел на прием к члену ЦК, курировавшему науку.

Отец доложил о проекте ЭВМ, ее возможностях и ориентировочной стоимости. Начальство поинтересовалось скоростью вычислений и, узнав, что машина будет выполнять примерно 1000 операций в секунду, дало глубокомысленное заключение: «Что же, мы же за один-два месяца перерешаем на этой машине все наши задачи, а что потом — на помойку?» Отец понял бессмысленность продолжения разговора и завершил его своими типичными для подобных ситуаций словами: «Ну-ну...». На этом московский период развития вычислительной техники был завершен, так и не успев начаться.

Важную роль в жизни отца сыграл его товарищ по работе Лев Вениаминович Цукерник. Он раньше нас переехал в Киев, где часто встречался с Президентом АН УССР А.А. Богомольцем. Цукерник рассказал Богомольцу о работах отца. О дальнейших событиях Б.Н. Малиновский пишет: «В 1945 г., когда Академия наук Украины получила возможность пригласить на 15 вакантных мест в члены Академии ученых из любых городов страны (с условием переезда в Киев), А.А. Богомольец вспомнил о С.А. Лебедеве. И он предложил ему баллотироваться в академики, а также должность директора Института энергетики АН Украины».

Открывающиеся перед отцом возможности в реализации его научных планов явно перевешивали все сомнения. Мать наверняка это понимала, но атмосфера юмора и веселья нашего дома и ее (матери, а не атмосферы) «командное положение» в семейной жизни требовали особой формы принятия решения.

И вот, в нашей квартире в Лефортово, на Красноказарменной улице собрались друзья родителей: А.В. Нетушил, Д.В. Свечарник, Л.С. Гольдфарб, Д.И. Марьяновский. Мать предложила бросить жребий. Две свернутые бумажки с надписями «Киев» и «Москва» были опущены в шапку Марьяновского и тщательно перемешаны. К счастью выпал Киев! С тех пор шапка Марьяновского прочно вошла в семейные фольклорные анналы и стала, по меньшей мере в рамках нашего ближайшего окружения, не менее знаменитой, чем шапка Мономаха.

Получив «подъемные», мать смогла приобрести рояль и мебель для новой квартиры и обставить ее сразу же после сдачи под ключ. Летом 1946 г. мы переехали в Киев, где появились и новые друзья...

Такими друзьями для нас стали уже упомянутые Тимошенко, Березин, Олевский, а также Борис Сичкин и — несколько позже — Зиновий Гердт.

Эта актерская компания часто собиралась в нашем доме, вместе с ними эпизодически приходили и другие интересные люди (к примеру, Борис Андреев, Соляник — капитан китобойной флотилии «Слава»).

Отец, которому прежние жилищные условия не позволяли иметь личный кабинет, не привык работать в одиночестве. Кабинет в киевской квартире не мог надолго удерживать его в своих стенах. Он брал бумаги, перебирался в гостиную, подворачивал скатерть, освобождая край стола, и чередовал запись возникающих мыслей с разговорами. В кругу семьи это не создавало для него никаких трудностей. Но даже во время застолья, а гости приходили в наш дом довольно часто, он предпочитал сидеть не в кабинете, а за накрытым столом. Чтобы при гостях не заворачивать скатерть, отец вместо бумаг брал коробку «Казбека». Он наслаждался общением с гостями, их шутками, анекдотами, оригинальными историями. Но, между тем, голова его удивительным образом продолжала работать, и в паузах отец отодвигал в сторону посуду, открывал коробку и на обратной стороне крышки чертил схемки, которые неизвестно как он успевал обдумать... Не исключено, что оригинальные

конструкторские решения, использованные им в ЭВМ, явились следствием оригинальности тех условий, при которых они рождались (шутка).

Душой киевской компании был Леля Олевский, деликатный, но ироничный, обладающий разнообразными талантами и самобытным юмором.

*Информация для любознательных. Лев Борисович Олевский долгие годы жил в Мексике, где в советском посольстве работал его отец. Оттуда он привез на родину песню «Бесаме мучо», которая быстро разошлась по всей стране. В Мексике, повзрослев, он не мог получить работу, так как был советским подданным. В Киеве он долго оставался безработным, поскольку ранее проживал за границей. Кормили его случайные заработки: переводы с испанского на украинский художественных произведений, игра на фортепиано, сочинение песен для эстрады, работа консультантом по латиноамериканским обычаям на съемках кинофильмов. В некоторых из них он появляется на экране. Так в «Максимке» и «Мексиканце» он поет песни, аккомпанируя себе на миньон-гитаре. Некоторое время Олевский даже выступал на эстраде в паре с Юрием Тимошенко, когда тот находился в непродолжительной охоте с Березиным. Только после открытия в Киеве Университета Дружбы Народов Олевский получил постоянную работу, став профессором испанского языка.*

Актерская компания проводила вечера, создавая экспромтом своеобразные тематические капустники. Свободный от мебели угол гостиной использовался как сцена. На доморощенной сцене танцевали два Бориса — Сичкин и Каменькович, выступали, сменяя друг друга, две пары — Тимошенко и Рыкунин, Шуров и Березин. Однажды зимой, когда С. Рихтер перед концертом стал с тоской вспоминать о теплом море, к его приходу был организован вид из окна на море, угол гостиной посыпан желтым песком (из запасов кота Костика), а над ним красовалась надпись «Пляж».

К 1948 г. у отца уже были разработаны конструктивные принципы электронной вычислительной машины. Требовалась база для их воплощения. История свидетельствует, что в деле создания такой базы решающей оказалась помощь Михаила Алексеевича Лаврентьева.

В Феофании, напротив территории, где М.А. Лаврентьев проводил эксперименты, которые легли в основу разрабатываемой им теории кумулятивных взрывов, находилось разрушенное войной двухэтажное здание. Михаил Алексеевич добился того, что в сжатые сроки оно было восстановлено и передано Институту электротехники. Там весной 1949 г. под руководством С.А. Лебедева начали работу по созданию первой в стране ЭВМ сотрудники новой лаборатории Института электротехники АН УССР, обучавшиеся новой для них специальности в процессе работ.

В этой части история знает все. Но осталось одно белое пятно: каким образом отец «вышел» на Лаврентьева, да еще с таким эффектом, что тот без промедления пришел ему на помощь? Ведь до 1947 г. знакомство отца с М.А. Лаврентьевым было чисто «шапочным». И хотя двери их квартир находились на одной лестничной клетке, отец ни разу — до описываемого события — даже не заходил в квартиру Михаила Алексеевича.

Все знают Бориса Михайловича Сичкина по роли Бубы Касторского в «Неуловимых мстителях» и по другим популярным фильмам, но некоторые его помнят и по знаменитым капустникам «Синяя Птичка», где он выступал в роли и организатора (вместе с Е. Вестником и В. Драгунским) и актера (танцы сидя, фокусы с фигами, акын и др.). Приводить более подробную информацию излишне, поскольку удовлетворить свою любознательность читатель может, обратившись к книгам знаменитого Бубы<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup>Б.М. Сичкин. «Я из Одессы, здрасте...». С. Петербург, 1996; Б.М. Сичкин. «Мы смеемся, чтобы не сойти с ума». Нью-Йорк, 2001.

При всех своих талантах Борис Сичкин проявил себя и как необыкновенно одаренный писатель с неповторимым ироничным и смелым стилем. Он издал две яркие книги, тиражи которых немедленно разошлись и в Америке, и в России. В книге «Мы смеемся, чтобы не сойти с ума» он написал:

«Семья академика Лебедева была одной из самых дружных и веселых, которые мне приходилось видеть. Их дом в Киеве, а потом в Москве всегда был открыт для интересных и талантливых людей, в нем устраивали капустники и спектакли, в которых деятельное участие принимал сам Сергей Алексеевич, самый молодой академик Советского Союза, его жена Алиса Григорьевна, их дети и внуки. Сергей Алексеевич не был лишен тех милых чудачеств и оторванности от земной жизни ученых, над чем часто подшучивают. Он никогда не помнил, что нужно получить зарплату, и деньги вместо него получала Алиса Григорьевна. Как-то Лебедев вспомнил, что сегодня день выдачи зарплаты и решил ее получить.

А вы-то какое имеете к этому отношение? — с недоумением и даже с возмущением воскликнула кассирша. — Вас тут никто не знает, и подписи вашей не знают. Вот когда придет Алиса Григорьевна — тогда выдадим.

Сергей Алексеевич получал две зарплаты, как академик и как член Президиума, но этих денег все равно не хватало на всех нас, юмористов. Ему должны были дать Сталинскую премию — большие по тем временам и очень нужные семье деньги — но Алиса Григорьевна была в отъезде, а Сергей Алексеевич в увлечении очередным проектом забыл заполнить и отослать в срок документы. Узнав об этом, Алиса Григорьевна дала такую телеграмму: «Понимаю. Обнимаю. Целую».

Прочитав заглавные буквы этого короткого послания, Сергей Алексеевич хохотал до слез».

Борис Сичкин, к несчастью, совсем недавно покинул сей мир (23 марта 2002 г. в Нью-Йорке). Незадолго до этого он гостил в нашем доме и вспомнил одну из историй, главным участником которой был Сергей Алексеевич:

«Мы встречали новый 1947 год в Киеве у Лебедевых, собравшись большой и веселой компанией. После боя часов по радио, двери всех квартир раскрылись и счастливые люди высыпали на лестничные площадки, обнимались и шумно поздравляли друг друга с наступлением второго мирного года. Я спросил Сергея Алексеевича: «А вот в квартире напротив тихо — там кто живет?», — «О, там живет удивительная личность — академик Лаврентьев!», — «Так может пригласим его к нам — он наверное один и ему скучно». Сказано — сделано, и мы с Сергеем Алексеевичем захватили бутылку грузинского вина и позвонили в квартиру напротив. Михаил Алексеевич сам открыл дверь — был он без пиджака и галстука — мы поздравили его и пригласили к нам. «Спасибо, спасибо, и я вас поздравляю, но прийти не могу — очень устал и хочу пораньше лечь спать». Академик Лаврентьев вынес нам ответный подарок — бутылку водки, попрощался и закрыл дверь.

У Лебедевых продолжалось веселье, и часа через два мы неожиданно заметили, что выпивки совсем не осталось. Я говорю Сергею Алексеевичу: «Зря мы так по-свински поступили с Лаврентьевым — бросили его одного. Он явно в меланхолическом настроении и надо его развеселить». Сказано — сделано, и мы с Сергеем Алексеевичем опять звоним в квартиру напротив. Дверь открывает академик в домашнем халате и тапочках и с некоторым недоумением на нас смотрит. Я к нему обращаюсь: «Михаил Алексеевич, мы понимаем, что вы не в настроении, но все-таки идемте к нам — там весело, вас все ждут! Вот сейчас только за водкой сбегаем куда-нибудь и продолжим праздник — Новый год не каждый день...». Сосед нахмурил брови: «Спасибо, я уж так...», отправился вглубь квартиры, вынес нам еще две бутылки и захлопнул дверь.

Конечно, водка уже так не шла, как в начале вечера, но через пару часов две бутылки тоже закончились. Сергей Алексеевич и говорит мне: «Нет, Боречка, мы совершенно не правы. Ты видел, какое лицо было у Лаврентьева? У него же тяжелая депрессия — это очень опасно. Его просто необходимо спасать!». Сказано — сделано, и мы с Сергеем Алексеевичем звоним в ту же дверь. Открывает академик в трусах и майке и смотрит на нас, явно не понимая — это сон или опять все те же негодяи. Я говорю: «Михаил Алексеевич, оставаться в одиночестве в праздник просто нелепо! И потом, наши дамы знают, какой вы обходительный кавалер и замечательный рассказчик и с нетерпением ждут вас за нашим столом. Вот только пошлем кого-нибудь за водкой... ». Тут Михаил Алексеевич побагровел, замахал руками, убежал вглубь квартиры и вернулся с полудюжиной бутылок в объятьях: «Забирайте все — только оставьте меня в покое, наконец!», — и так грохнул дверью, что эхо гуляло вверх-вниз по лестничной клетке еще минут пять... ». В дальнейшем Михаил Алексеевич «всерьез и надолго» вошел в число друзей отца, неоднократно помогая ему в самые ответственные моменты.

**Рабочие секреты академика Лебедева.** В период с 1949 по 1952 г., когда приходилось прилагать сверхусилия, чтобы сократить сроки окончания разработок МЭСМ и БЭСМ в Киеве и Москве, отец работал по особому графику. Он приезжал в Институт примерно в 12 часов и уезжал в одно время со всеми сотрудниками. Но если те отдыхали до следующего рабочего дня, то для отца это была только первая смена. Приехав домой, пообедав и часок отдохнув, он ложился спать. Часа в 2 ночи он вставал и работал до 6-7 часов утра. Затем снова короткий сон, после которого начинались новые рабочие сутки по тому же графику.

Работа в Феофании имела свои особенности. Наша семья, как и семьи основных помощников отца, летом жила в том же доме, где на первом этаже создавалась МЭСМ. Тут рабочий день отца был ненормированным. Он трудился то с одним, то с другим сотрудником столько времени, сколько требовалось для завершения наиболее важного на текущий день этапа работы. Сам он мог работать часами, без заметных признаков усталости.

Отец никому не рассказывал о том, над чем он работал ночами. Но сохранившиеся воспоминания его сотрудников помогают (возможно, не исчерпывающе) ответить на этот вопрос. Зная характер отца и наблюдая за его отношением к выполнению различных работ в «непроизводственной сфере» (посадка яблонь, столярничанье, изготовление фанерного домика для детских игр и др.), можно утверждать, что он органически не мог примириться с незавершенностью любого начатого им дела. Если оно было связано с умственной деятельностью, он не прекращал думать о деле, не успокаиваясь, пока не находил решения. То один, то другой сотрудник с удивлением рассказывал, как он вместе с отцом часами безрезультатно бился над какой-либо проблемой, а утром следующего дня Сергей Алексеевич приходил с готовым решением. Конечно решение «задачки» отец мог найти в любое время, не обязательно ночью (записав его на коробке «Казбека»), но вероятность того, что это решение было получено в более длительный ночной период, несомненно выше. Впрочем известен случай, когда решение пришло во сне — Сергей Алексеевич встал, записал его, но, проснувшись, этого не помнил.

Выдерживать большие перегрузки помогала отцу его манера отдыхать. В 1949—1952 гг., насколько мне помнится, Сергей Алексеевич ни разу не использовал календарный отпуск (по крайней мере, полностью). На отдых оставались в будний день час-другой. Отец заполнял это время игрой на рояле.

Когда появлялась возможность использовать отпуск, отец выбирал активный отдых. Мне крупно повезло: в 1948 г. отец взял меня в горы на Кавказ (Красная Поляна), а в 1953 г. — в байдарочный поход по Оке (Рязань—Муром). И в горах, и на

воде я смог оценить целесообразность неторопливой манеры отца. При восхождении на гору Ачишхо я в самом начале подъема сбил дыхание. Отец посоветовал идти за ним следом, а сам сбавил скорость. Мы быстро отстали от наших спутников, но уже через полчаса догнали и обогнали их, измотанных ими же заданным темпом. На Оке мы оба оказались новичками — байдарки только входили в моду. Отец быстро освоил технику гребли, а мне, сидевшему за ним, оставалось только перенять ее. Я старался копировать его стиль гребли: неторопливая проводка весла с рывком в концовке. Экипаж второй байдарки (Курочкин — ВЦАН, Бочек — МФТИ) был значительно сильнее нас, но к концу дневного пути наш экономный стиль гребли сводил на нет их преимущество, и байдарки шли вровень.

В продолжение разговора о чертах характера отца вспомню два эпизода, иллюстрирующие, с одной стороны, его решительность, а с другой — хладнокровие и спокойствие.

Летом 1939 г. на нашей даче в Переделкино отдыхали уже не трое, а шестеро. Добавились Катя и Наташа, а Алисе Григорьевне помогала ее мать Елизавета Сергеевна. Обе вместе они ежедневно купали близняшек в ванночке. Однажды во время этой процедуры Наташа наглоталась воды, задохнулась и начала синеть. Женщины находились в полной растерянности. Бабушка кричала: «Доктора, доктора!». На крики пришел отец, поднял на лоб очки, спокойно взял Наташу из рук матери, потряс ее, держа за ножки головой вниз, сделал искусственное дыхание, и Наташа ожила...

В начале января 1940 г. на новогодний детский праздник в нашей квартире в Лерфортово были приглашены пяти-шестилетние дети нашего двора. Были допущены только те, кто успел переболеть ветрянкой, свирепствовавшей в то время в Москве. Кульминацией праздника должны были стать бенгальские огни. И они действительно постарались показать себя, да так, что подожгли елку. Началась паника. Мамы хватили своих детей и неодетыми выносили на лестничную площадку. Кто-то догадался позвонить в пожарную охрану, а соседи взяли к себе детей. Огонь быстро охватил всю елку. Отец не растерялся и без промедления приступил к тушению пожара. Первым делом он повалил горящую елку на пол. Затем попытался накрыть огонь новенькой меховой шубой одной из мамаш, но мать отстояла чужое добро. Тогда отец содрал с окна плотные занавески и накрыл елку ими... Когда приехали пожарные, огня уже не было. Из всех елочных игрушек чудом уцелел лишь стеклянный самоварчик, который только снизу подгорел. Эту игрушку мы и сейчас ежегодно вешаем на елку в качестве гаранта ее безопасности.

**Снова в Москве.** Осенью 1951 г. отец с семьей переехал в Москву. В этот год весной наша семья пополнилась: был усыновлен мой школьный друг Яша, который остался без родителей. Идея усыновления принадлежала матери, отец без колебаний ее принял, после чего мать поинтересовалась и моим мнением. Я был счастлив и благодарен родителям за этот благородный поступок.

Прошло еще два года и рабочий ритм отца стал менее напряженным. Теперь он мог сочетать работу с полноценным отдыхом. Приобретение дачи под Звенигородом наполнило свободные дни любимыми им делами. Зимой по воскресеньям он катался на лыжах, проходя километров 15—20. Когда снег сходил, его ожидали важные дачные дела. Отец сажал плодовые деревья и кустарники, столярничал, с помощью домочадцев соорудил бассейн с фонтаном, глубокий погреб с цементными стенами. Детский разборный фанерный домик, выполненный и собранный отцом, а затем расписанный художником Владимиром Пантелеймоновичем Муравьевым, и по сей день радует юных обитателей дачи — правнуков и правнучек.

Бюджетом семьи распоряжалась мать. Отец отдавал ей почти все деньги, оставляя только на партвзносы и другие необходимые расходы. Алиса Григорьевна поддерживала финансово многих людей, нуждавшихся в помощи. Не всегда Сергей

Алексеевич даже знал об этом. Дочь Александра Галича пишет: «Папа, оказавшись без работы, получал помощь от друзей. Была так называемая академическая касса: Алиса Григорьевна Лебедева, жена академика Лебедева, собирала деньги, и эти деньги раздавались папе, Солженицыну, Дудинцеву — по 100 руб. в месяц. Тяжелый был период...» (Кулиса НГ № 17, окт. 1998 г., с. 12). Мне посчастливилось слушать песни Галича именно в тот вечер, когда А. Д. Сахаров, А.Г. Лебедева и другие договорились об основании этого фонда, но узнал я о его существовании только из приведенной публикации.

Работы С.А. Лебедева получили признание и были высоко оценены. Начался период почестей, к которым отец относился с таким же равнодушием (уверен, что оно не было только внешним), как ранее к несправедливым, обидным и даже вредным решениям власть предержащих, которые тормозили его работы.

В 1956 г. С. А. Лебедеву присвоили звание Героя Социалистического Труда.

О последнем периоде деятельности отца сохранилось много воспоминаний. Поэтому пора ставить точку.

В качестве этой точки я выбрал строки, принадлежащие соратнику отца, замечательному инженеру и прекрасному человеку Алексею Сергеевичу Федорову. Они посвящены юбилею отца и предваряют тетрадку со стихами Алексея Сергеевича, которую он подарил нам, детям Сергея Алексеевича Лебедева.

Семь десятков ведь немало.  
Стоит посмотреть назад,  
Видишь, юность отыграла  
Свой весенний маскарад.

Семьдесят не так уж много,  
Если посмотреть вперед. Перед  
дальнею дорогой Не последний  
поворот.

Сколько б жизнь тебя не мяла, Что  
тут попусту тужить, Много прожил  
или мало, Все равно прекрасно жить!

Когда проходит юбилей,  
Прошедших лет не сбросить. И  
осень в жизни у людей  
Подчеркивает проседь.

И каждый знает — не легка  
Осенняя дорога. Здесь все во  
власти ходака И лишь чуть-  
чуть — у Бога!

И пусть в пути утроит силы  
Родная, близкая, своя,  
Прекрасная микро-Россия —  
Трехпоколенная семья.

И правнуков весенний рой, Во всем  
достойный восхищенья, Пускай  
отпразднует с тобой Восьмидесятый  
день рождения!

## Мои друзья Лебедевы

*И.В. Корзун*

Начну с того, что за всю свою жизнь я ничего, кроме школьных сочинений и статей, связанных с работой, не писала, даже дневника не вела. Когда сын Сергея Алексеевича Лебедева обратился ко мне с просьбой написать что-нибудь из моих воспоминаний о его отце, первым моим побуждением было отказаться. Ну что я могу написать в мои 87 лет о событиях 66-летней давности? Однако когда я начала думать, меня захватила такая волна воспоминаний, что я уже не могу из них выбраться. Я сообразила, что пожалуй нет уже на свете людей, которые бы знали Сергея Алексеевича совсем молодым, и могли бы воспроизвести, хотя бы приблизительно, атмосферу и жизнь его семьи тех времен. Итак, я решила попробовать.

Во-первых, я буду писать о СА не как об академике и создателе первой советской вычислительной машины, а только как о человеке, которого я действительно хорошо знала, и только о событиях, которые я сама наблюдала или была их участницей. Во-вторых, я не могу писать о СА без упоминания рядом с его именем имени Алисы Григорьевны, его жены, прошедшей рядом с ним основную часть его жизни до самой его смерти, и безусловной создательницы уникальной лебедевской семьи. В третьих, мне придется кое-что писать и о себе, и упоминать наших общих друзей и знакомых. В этих случаях, как бы ни были значительны и интересны эти люди, я буду только упоминать их. О себе придется писать больше, так как я хочу показать, какую роль играли в моей жизни СА и АГ.

Несмотря на долгую (47 лет) и счастливую совместную жизнь, по характеру вряд ли можно представить себе двух других таких непохожих друг на друга людей. СА в частной и семейной жизни был необыкновенно скромным, неприхотливым, очень простым и демократичным человеком. Он был великим «молчуном», разговаривал мало, но умел хорошо слушать других. Все видел, все замечал и имел на все свое мнение, которое обычно держал при себе. Таким он остался на всю свою жизнь, несмотря на чины и регалии, которых достиг. Высказывался он только тогда, когда к нему очень уж приставали, или когда требовалось его согласие на очередной замысел или новый жизненный план АГ. Без его одобрения или хотя бы вынужденного согласия АГ ничего серьезного никогда не предпринимала. Он был лично очень храбрым человеком, но конфликтов с властями избегал. Терпеть не мог обращаться к власти пререкающимся с какими-либо просьбами (хотя знаю, что хотя бы один такой случай — просьбы за друга — все-таки был). Он никогда не просил ничего для себя, но делал все возможное, когда требовались его личная помощь и участие. АГ иногда насмешливо говорила: «Ты, папочка, конечно, храбрый, только вот милиционеров очень боишься». Под милиционерами подразумевались представители власти на любых уровнях. На самом деле, СА никого не боялся, просто старался не общаться, предоставляя это АГ.

АГ была моложе своего мужа на восемь с чем-то лет. Она, несомненно, была очень ярким и одаренным от природы человеком. Была очень хороша собой, умела и любила хорошо одеваться, обладала прекрасным вкусом. АГ была умна, находчива, остроумна, замечательный рассказчик анекдотов, которые любила и знала в огромном количестве. Без преувеличения, она могла бы рассказывать их без перерыва не менее получаса подряд, не брезгуя и соленькими. При этом слушатели пребывали в постоянном внимании и напряжении. Я не была любительницей анекдотов, особенно солёных, и Алиса иногда командовала: а ты, Ирка, лучше выйди, сейчас будет не для тебя.

АГ несомненно обладала недюжинными организаторскими способностями и могла бы стать хорошим администратором в любой сфере деятельности, но она выбрала

семью и карьеру мужа. АГ хорошо знала литературу, и классическую, и современную, любила живопись, театр, была всегда в курсе всех культурных новостей. Вместе с тем, она была великой труженицей: держала в руках весь дом, прекрасно шила и вязала (обшивала всех своих детей, внуков, иногда себя, и даже своих друзей). Она почти полностью освобождала СА от домашних работ и забот, за исключением таких, как починка электричества и всяческих механизмов, в которых она не разбиралась и не хотела разбираться.

При всей разности их характеров, были у них и общие черты, создающие прочную, прекрасную семью и привлекающие к ним многочисленных друзей. Оба они прекрасно разбирались в людях, и ценили их не по положению в обществе, а по человеческим качествам. АГ любила иногда приглашать в дом известных и даже знаменитых людей из мира искусства (я даже в шутку называла ее снобом), однако, надо отдать ей должное, она довольно быстро разбиралась в них, а еще быстрее СА, и в качестве друзей дома оставались только хорошие люди. Еще общей для обеих чертой была верность в дружбе. Что бы ни случилось с их друзьями, как бы сложно ни складывались их судьбы, они всегда оставались их друзьями. Я не помню, чтобы они хоть раз предали или отвернулись от кого-нибудь из друзей. И, наконец, оба они были прекрасными воспитателями своих детей — заботливыми, внимательными, и в то же время строгими, иногда даже суровыми, но всегда справедливыми. СА и АГ безусловно были одними из главных людей в моей жизни, и сейчас я с удовольствием восстанавливаю в памяти историю наших отношений и нашей дружбы. Особенное внимание буду уделять самым первым, еще предвоенным годам, поскольку очевидцев тех времен сохранилось совсем немного.

Я познакомилась с СА и АГ в 1936 г., когда была на последнем курсе МЭИ и выполняла дипломную работу в лаборатории фотоэлементов Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ). СА в то время был начальником большой лаборатории ВЭИ. Рядом с институтом стояло четыре 4-этажных дома, в которых жили сотрудники ВЭИ, а также работники некоторых учреждений, связанных с электротехнической промышленностью. В одном из этих домов в большой 4-комнатной квартире жила моя семья — отец, мать, мой старший брат Олег и я, а через 2 дома от нас, в 2 комнатах 3-комнатной коммунальной квартиры, жила семья СА — он, АГ и их полуторагодовалый сын Сережа. В то время в ВЭИ была очень хорошая туристическая секция, к которой я с радостью примкнула. Мы совершали чудесные подмосковные прогулки, проходя иногда за один день по 50 км, и переходя с одной железной дороги на другую. Главным организатором и душой туристической секции был А.М. Шемаев, который работал в той же лаборатории, в которой я пыталась над своим дипломом, причем размещались мы чуть ли не в соседних комнатах. Перед каждым воскресеньем в ВЭИ вывешивалось объявление об очередном походе. Участвовать мог любой желающий, не возбранялось приводить и друзей, и компания получалась весьма многолюдной. Благодаря этим походам я очень быстро познакомилась со многими сотрудниками ВЭИ из самых разных лабораторий. В одном из таких походов познакомилась я и с СА. Меня тогда поразило, что он совершенно свободно поздней осенью долго шел босиком, причем не по дороге, а по густому лесу даже без всякой тропочки, не весь поход конечно, но изрядные его куски. Я смотрела на СА с восхищением, удивлением и в то же время с ужасом (сама я босиком и двух шагов никогда не могла сделать). Как-то очень быстро познакомилась я и с Алисой, хотя в походы она не ходила и в ВЭИ не работала. Вскоре у нас образовалась небольшая дружная компания, и встречались мы теперь не только в походах и на территории ВЭИ, но и дома. Удивительно, но именно между многими участниками этой ВЭИ-вской компании дружба сохранилась на многие годы. Кроме СА и Алисы, в нашу компанию входили молодые сотрудники лаборатории СА — Лев Семенович Гольдфарб и Давид Вениаминович Свечарник, зав. лаборатории магнитных материалов

Александр Семенович Займовский, сотрудник светотехнической лаборатории Ефим Самойлович Ратнер, и я с моим другом Толей (Анатолий Владимирович Негушил). Толя был знаком с СА даже раньше меня, еще по МЭИ, где СА читал лекции на Толином факультете, но дружба началась именно с ВЭИвских времен. Давид Свечарник вскоре после женитьбы отошел от нашей компании. С А.С. Займовским и его женой Л. А. Чудновской я сохранила дружбу до самой их смерти и до сих пор встречаюсь с их дочерью Таней.

С Левушкой Гольдфарбом и я, и Лебедевы, и Займовские тоже дружили до его кончины, а Лебедевы и после его смерти всячески опекали его осиротевшую семью. Уже после смерти Левушки вся семья Лебедевых продолжала встречаться с дочкой Левушки Ирой и старалась ей помогать. Е. С. Ратнер стал впоследствии моим вторым мужем и о нем я еще буду писать в этих воспоминаниях. С Толей мы поженились летом 1938 г., когда моя семья уже была раздавлена колесами советской карательной машины. А тогда, в 1936 и даже в начале 1937 г., наша компания продолжала часто встречаться в большой квартире моей, тогда еще благополучной, семьи. Хотя, как я теперь понимаю, отец уже предвидел надвигающуюся беду и даже говорил иногда, что сейчас не время веселиться.

Еще будучи студенткой МЭИ, в 1934 г., я увлеклась альпинизмом и каждое лето уезжала на Кавказ в горы. Одновременно, как-то незаметно, без всяких усилий с моей стороны, я стала хорошим стрелком из малокалиберной винтовки. Я участвовала во многих соревнованиях, даже международных, по мелкокалиберному стандарту. Стреляла я хорошо, получала призы. Из двух моих спортивных увлечений основным был, конечно, альпинизм, который остался главным моим увлечением на всю жизнь. Я даже подумать не могла о том, чтобы пропустить альпинистский сезон. На лето 1936 г. у меня было запланировано два рекордных восхождения и уже заранее куплены билеты. В том же 1936 г. проходила студенческая спартакиада и, на мою беду, проходила она в летние каникулы, и в нее входили стрельбы из малокалиберной винтовки. Я честно предупредила спортивное начальство института, что принять участие в спартакиаде не смогу. Что тут началось! Меня обвинили в отсутствии патриотизма, таскали к директору института и в конце концов запретили уезжать и даже выставляли дежурных у моего дома, чтобы не удрала потихоньку. Пришлось несколько дней отсиживаться у Лебедевых и совсем поздно вечером пробираться к собственному дому, предварительно убедившись, что караул снят. Отсиживаться, конечно, можно было и не у Алисы, но к тому времени мы были уже очень дружны.

В 1937 г. мы с Толей защитили дипломы, Толя был распределен в Электропром, а я осталась работать в той же лаборатории фотоэлементов ВЭИ, в которой делала диплом.

Летом 1937 г. состоялась альпинистская экспедиция в горы Средней Азии с задачей покорения трех семитысячных вершин. В эту экспедицию пригласили нашу тройку, в составе которой мы совершали успешные восхождения в течение последних двух лет. Руководил экспедицией (из Москвы, конечно) нарком юстиции Н.В. Крыленко, в прошлом бывший одним из первых исследователей гор Памира. Мы даже были раз у него в кабинете, где он знакомился с участниками и напутствовал их перед экспедицией. По возвращении участникам были даже выданы какие-то деньги. Когда осенью я возвратилась в Москву, Алиса объявила, что меня пора «одеть». Действительно, в своем увлечении альпинизмом я в то время больше интересовалась горными ботинками с хорошими триконами, нежели туалетами. Это не значит, что я была плохо одета, но выходного платья у меня не было. Теперь же, благодаря участию в экспедиции, у меня было и хорошее горное обмундирование, и собственные деньги. Помню как однажды, выкроив свободный для обеих день, мы с Алисой полностью потратили его на хождение по магазинам. В результате Алиса выбрала мне платье, дорогое, но действительно очень красивое и годное для всех случаев жизни. Это



I, 1956 .



, 1954 .



... ( ), 1955 .



... , 1955 .



“  
”, 12 1956 .  
”



АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

*Сводные  
данные*

А. А. ЛЕБЕДЕВ

**ЭЛЕКТРОННЫЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ  
МАШИНЫ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР



, 1957 .



, 1961 .



... , 1968 .



IBM, 1959 .



IBM

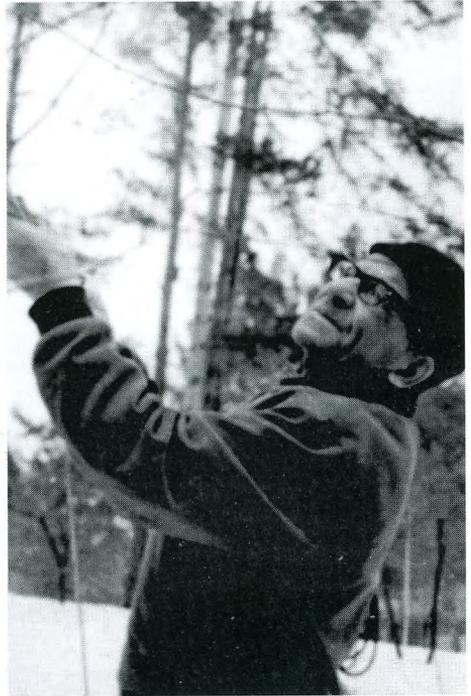


... .. , 1960 .



... .. ,  
60- .







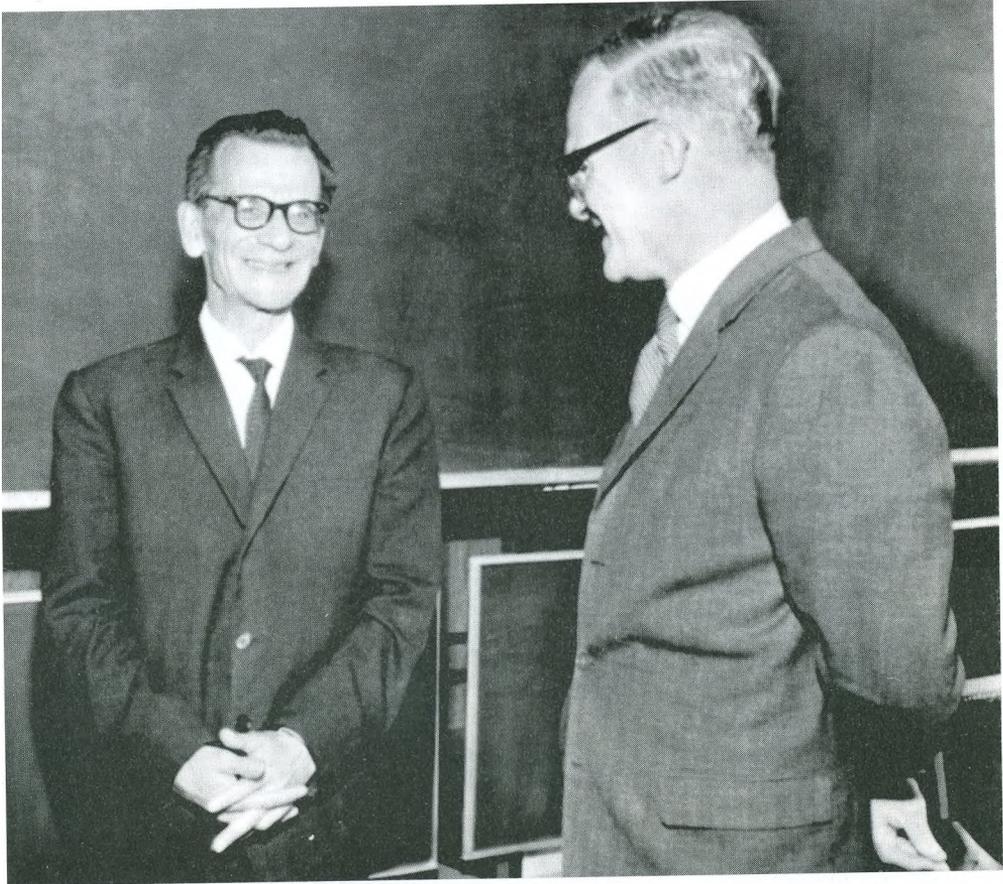




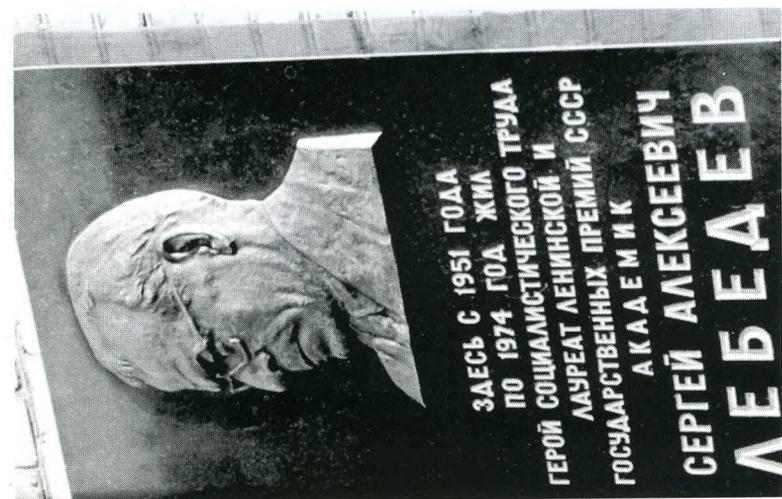
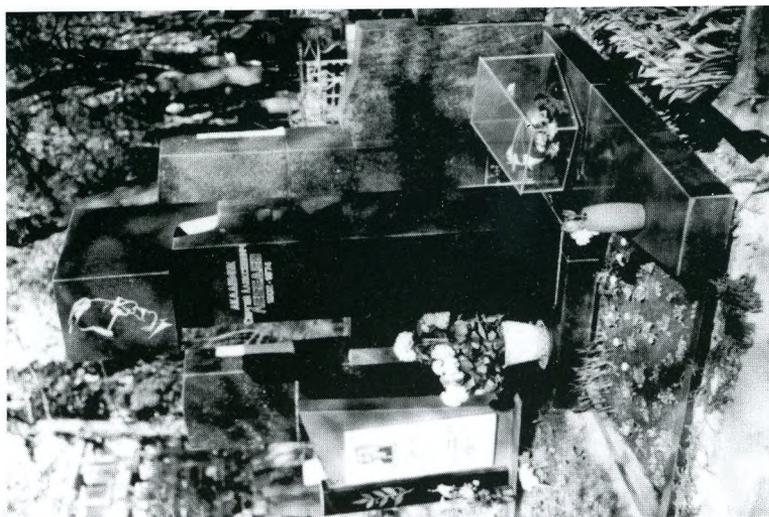
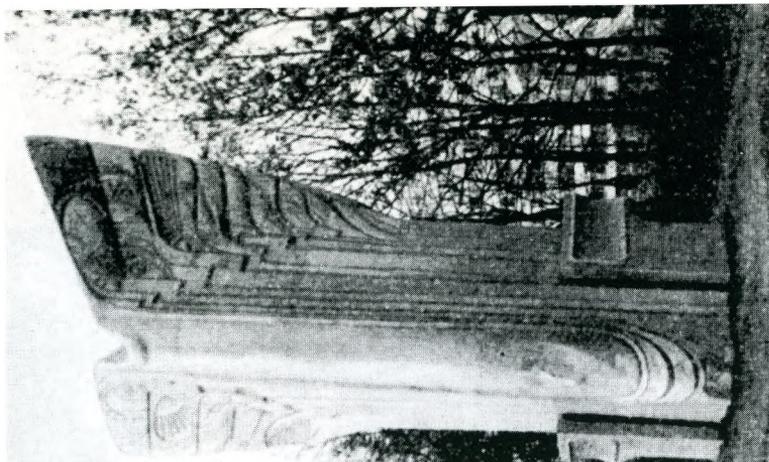
... .. , 1969 .



1970 .



, 1970 .



платье я очень любила, носила долгие годы, доносила до дыр и называлось оно всегда «Алисино» платье.

Тем временем волна повальных арестов 1937-1938 гг. докатилась и до моей семьи. Начавшись «наверху», аресты распространялись все шире и шире, затрагивая самые разные сферы, включая и спортивную (дело пловцов, дело альпинистов). Удивительно, но в моей семье первым был арестован не мой отец, бывший в то время заместителем начальника технического отдела Наркомтяжпрома, а Олег, по делу альпинистов, хотя был всего лишь инструктором альпинистского лагеря вооруженных сил СССР.

Отца арестовали в начале 1938 г. Все комнаты, кроме моей, были опечатаны. Летом 1938 г. я в горы не поехала, так как мама со дня на день ждала, что придут и за ней. Случилось это осенью того же года, и после двух месяцев Бутырки ее выслали в Казахстан. После женитьбы Толя перебрался жить ко мне в оставленную мне комнату. В этой комнате мы и прожили до войны, наблюдая сначала, как вывозили вещи из опечатанных комнат, затем, как они постепенно заселялись работниками Электропрома, и квартира постепенно превращалась в «коммуналку». Здание Электропрома, куда был распределен Толя, располагалось ровнехонько напротив ВЭИ, и, таким образом, оба мы жили в двух шагах от мест наших работ и в такой же близости от квартиры Лебедевых. Пожалуй, к месту будет добавить, что Толин отец тоже был осужден еще по Шахтинскому процессу, чудом избежал расстрела, и в те годы находился в ссылке в Воркуте. Его жена работала там же вольнонаемным врачом, а Толя каждый год во время летних каникул навещал родителей. В те времена все боялись всех, боялись за себя, и вокруг родственников «репрессированных» обычно образовывался вакуум: прекращали звонить телефоны, прекращали общаться бывшие «друзья». Объективно мы с Толей с нашими «подмоченными» биографиями были совсем нежелательной компанией для успешно делающего научную карьеру и собирающегося вскоре защищать докторскую диссертацию Сергея Алексеевича. Однако именно в эти страшные годы у нас возникла самая тесная дружба с СА и Алисой.

Помню, как мы все вчетвером собирали мне рюкзак и обсуждали мою предстоящую поездку к маме, уже высланной в село Ермак Павлодарской области. Ездил я к ней зимой 1938-1939 гг. и добиралась отнюдь не самолетом. Алиса тогда говорила: «нечего за Ирку беспокоиться, она альпинистка, стрелок, и на мотоцикле умеет ездить, обязательно доберется!» Алиса, конечно, оказалась права, моя спортивная подготовка мне тогда очень помогла. Единственное, что я помню из этой поездки (кроме, конечно, встречи с мамой), это как я сижу за рулем грузовика и качу по замерзшему Иртышу по прямой, как стрела, дороге, а рядом мирно спит уставший шофер. По-видимому, я расхвасталась ему, что имею удостоверение на право вождения мотоцикла, и он дал мне попробовать поводить свой грузовик, а когда убедился, что дело пошло, и зная, что дорога прямая, позволил себе расслабиться и заснул.

Вспоминаю еще один эпизод тех лет, связанный с моим увлечением альпинизмом и показывающий мою близкую дружбу с семьей Лебедевых, но главное, очень ярко характеризующий СА. Я уже писала о том, что альпинистский сезон 1938 г. я вынуждена была пропустить, и о том, что карающая машина в это время проехала и по альпинистам. После пропущенного мною лета 1938 г. как-то распалась наша привычная тройка первых лет, и я подружилась с одной из самых знаменитых альпинисток того времени, Еленой Алексеевной (Нелли) Казаковой. С ней мы были знакомы и раньше, у нас были общие друзья альпинисты, но начиная с 1939 г. мы и в горы решили ходить вместе. Был среди арестованных альпинистов наш общий друг Михаил Яковлевич Дадиомов. При восхождении в 1937 г. на одну из красивейших вершин Памира, семитысячник Хан-Тенгри во время спуска их группа, состоящая из очень сильных и даже знаменитых альпинистов, попала в сильнейший буран. Тогда трое из группы сильно обморозились, и одним из них был Миша: он

лишился практически всех пальцев и на руках, и на ногах. И вот вскоре после выписки из больницы он был арестован, а в 1938 или 1939 г. был отправлен в ссылку на вольное поселение в Казахстан. Мы с Нелли очень беспокоились за его судьбу и пытались как-то помочь ему. Решили посылать продовольственные посылки, но в те годы посылки из Москвы никуда не принимали. Всеми этими проблемами я, естественно, делилась с Лебедевыми и вдруг неожиданный звонок СА: «Мы тут с мамкой подумали о ваших проблемах и решили, что я смогу помочь, так что готовьте с Нелли посылку». Тогда СА раз или два в месяц ездил в город Иваново, то ли читать лекции, то ли проводить консультации в каком-то институте, а из Иваново посылки принимали. И с тех пор, регулярно, весь тот период, пока продолжались поездки в Иваново, у меня раздавался звонок, и Алиса или СА напоминали: Ирка, готовь посылку к такому-то числу. Нет нужды говорить о том, что мы с Нелли были счастливы и бесконечно благодарны СА. А Миша много позже рассказывал нам, как эти посылки помогли ему выжить. Я и тогда прекрасно понимала, что взваливаю на СА не только весьма обременительную нагрузку, отвлекая его от прямых целей его поездки, но и подвергаю его большой опасности, ибо тогда это было действительно опасно. Неизвестно, чем бы все кончилось, если бы до органов дошло, что он использует служебные командировки для помощи «врагу народа». СА был безусловно храбрым человеком, и напрасно Алиса, как я писала в самом начале, поддразнивала его, говоря, что он милиционеров боится. Он только всегда трезво оценивал ситуацию и знал, когда он действительно может помочь, и понимал, что никакие выпрашивания и обращения к властям никогда никому не помогут. А тогда, когда я пыталась даже отговаривать его, он отвечал: «Отстань, сам все знаю, и сам теперь могу научить, что можно посылать в посылках и сколько времени это занимает». СА, таким образом, категорически игнорировал вопросы безопасности и сводил разговор к волоките, связанной с отправкой.

Вспоминаю, как раз в неделю мы вчетвером собирались, как правило, в нашей комнате, а иногда у Лебедевых, для игры в преферанс. Мы с Алисой играть любили и умели, но никогда не относились к игре серьезно и частенько жульничали: подсматривали прикуп, заглядывали друг другу в карты, когда вистовали вместе. Было хорошо и весело. После игры всегда было чаепитие, а иногда и выпивка. Общий выигрыш от игры складывался в какую-то банку и использовался для следующего чаепития.

В 1939 г. в семье Лебедевых произошли два знаменательных события: рождение девочек близнецов и защита Сергеем Алексеевичем докторской диссертации. Сейчас уже не помню, в какой последовательности они происходили, поэтому начинаю с главного. О том, что у Лебедевых ожидается прибавление семейства, мы с Толей узнали зимой и совершенно неожиданно. Как-то довольно поздно вечером в феврале или марте 39-го года, не помню уже по какому случаю, мы с Толей оказались на площади Ногина (довольно далеко от Лефортова) и встретили там Сергея Алексеевича под руку с Алисой. Валил снег, было не холодно, но промозгло, Алиса куталась в шубу. Удивленные такой прогулкой (а Алиса была отнюдь не любительницей гулять), мы спросили, почему они очутились так далеко от дома. Сергей Алексеевич ответил как-то очень просто и буднично: «Да вот мамка рожать скоро собралась, причем двойню, и врач велел ей побольше ходить».

Когда осенью 1939-го года, я вернулась в Москву после очередной поездки на Кавказ, квартира Лебедевых была уже максимально приспособлена к приему новых членов семьи. Алиса называла их чуть пренебрежительно «девки», но именно они были теперь в семье главными. Впрочем, главными они были сравнительно недолго. Как только жизнь «девок» наладилась, Алисиной главной заботой и привязанностью снова стал маленький Сережа, воспитанием которого она с увлечением занималась.

Семья состояла уже из пяти человек, но жила все в тех же двух комнатах «коммуналки». Было тесно, но изменений не предвиделось.

«Девки» были одинаково очаровательными, но в остальном совершенно разными. Мы с Толей сразу их «распределили»: Толя «выбрал» себе Наташу, а я Катю. Каждый из нас с особым интересом следил за развитием именно своей «девки». Зимой 1939—1940 г., когда девочки уже могли сидеть и даже ползать, я часто наблюдала характерную картину: Сергей Алексеевич сидит за кончиком стола и что-то пишет. На коленях у него, в лучшем случае, сидит одна из «девок», а то и обе, а он, изредка отмахиваясь от них, как от назойливых мух, продолжает строчить свои математические выкладки. Алиса за тем же столом что-то кроит для очередного своего шитья. Если она видит, что «девки» наглеют и уж очень мешают отцу, она спокойно их уносит, а если они слишком громко протестуют, то добродушно при этом приговаривает: «Нельзя мешать папочке, он у нас «добытчик», всю семью кормит». Алиса умела в любых условиях поддерживать в семье приятную, уютную атмосферу, и «добытчику» приятнее было заниматься своими занятиями в мало приспособленной теперь для занятий квартире, нежели задерживаться для этого на работе. Алисино слово «добытчик» я очень полюбила и до сих пор им пользуюсь.

В 1939 г. у Сергея Алексеевича состоялась защита докторской диссертации. защите предшествовала изрядная нервозность. При приеме документов потребовался диплом об окончании института и даже свидетельство об окончании школы. Ни того, ни другого у СА не оказалось, так как последние классы школы он заканчивал экстерном, а диплом и даже зачетную книжку к тому времени потерял. В конце концов, все закончилось благополучно, но тогда все окружение СА сильно переволновалось. На этой защите я, пожалуй, впервые понастоящему поняла, насколько заметной фигурой является в научном мире Сергей Алексеевич, для нас уже ставший просто Сергеем или Сережей. Защита прошла великолепно. К нему без конца подходили с поздравлениями всякие важные персоны и седовласые академики. Я стояла в группе молодых сотрудников ВЭИ, друзей и подчиненных СА. Мы дожидались, когда, наконец, он освободится, и мы тоже сможем его поздравить. Потом кто-то сказал, что новоиспеченный доктор уже освободился и разговаривает с каким-то молодым человеком. Меня уговорили подойти к ним и выяснить, скоро ли СА сможет подойти к нам. Я довольно нахально (от смущения, наверное) подошла к разговаривающим, и, прервав их разговор, выполнила свое задание. СА обернулся ко мне и сказал: «Познакомься, это Михаил Моисеевич Ботвинник, а к вам я подойду, когда освобожусь». Сказано это было вежливо, но непривычно официально. Хотя я и удостоилась чести пожать руку будущему чемпиону мира по шахматам, но до сих пор не могу без стыда вспомнить свою бестактность, и никому никогда об этом эпизоде не рассказывала.

Что было дальше? Ведь до начала войны оставалось еще больше года. Продолжали дружить, ходить друг к другу, иногда вместе слушали известия о войне в Европе, где она уже бушевала с 1939 г., обсуждали и спорили о том, будет ли воевать СССР, и когда это может случиться. Пока же у нас продолжалась еще нормальная мирная жизнь. Толя готовился к защите кандидатской диссертации, сдавал кандидатский минимум и зачем-то заставлял сдавать и меня. К началу лета сдали оба, но у меня не было никакой уверенности в том, что мне это нужно. Я продолжала работать в ВЭИ, продолжала увлекаться альпинизмом. Вместе с Нелли Казаковой и нашими друзьями Г. С. Веденниковым и Б.А. Гарфом я последний раз ездила в горы и участвовала в рекордном восхождении. Не помню, ходил ли в подмосковные походы с нами Сергей Алексеевич? Почти наверняка ходил, ведь Алиса всячески поощряла участие в них СА. Вспомнить бы какой-нибудь поход, взглянуть бы на какую-нибудь фотографию! Стоп! Оказывается, одно только упоминание о фотографии породило новые воспоминания. Ну конечно, именно в 1940 г. мы увлекались фотографированием. Толя сам снимать не любил, но в проявлении

пленок и в процессе печатания всегда участвовал. СА в основном фотографировал своих детей, особенно «девок», которые росли и менялись буквально на глазах. Мы с Толей любили разглядывать его фотографии, отмечая при этом особые прелести своих любимиц. «Моя-то (Наташа) до чего хороша стала», — говорил Толя. А моя (Катя) на этой фотографии выглядит совершенно осмысленно, как будто слушает и даже что-то понимает — не хотела уступать я. Сергей Алексеевич при этом довольно ухмылялся. А Алиса, тоже довольная, кончала наши препирательства утверждением: «обе хороши». Я фотографировала, в основном, в походах и старалась хорошо фотографировать природу. В тот год Шемаев (о нем я уже упоминала раньше) организовывал в ВЭИ фотовыставку и отбирал для нее лучшие (с его точки зрения) снимки. Он сам фотографировал очень хорошо, причем снимал только природу. Я принесла ему для отбора на выставку два своих увеличенных фотоснимка, которые я до сих пор прекрасно помню. На одном была изображена береза, стоящая в талом весеннем снегу на фоне голого еще леса вдаль. На втором снимке был схвачен кусочек просеки, спускающейся прямо в большой водоем, и в конце спуска на воде надувная резиновая лодка и рядом с ней фигурка человека в плаще с веслами в руках. И опять стоп! Ведь это же Сергей Алексеевич! Как при проявлении фотографии, появляются воспоминания, сначала совсем смутные, но постепенно становящиеся все более и более отчетливыми. В первомайские праздничные дни 1940 г. мы совершили 2-дневное путешествие на надувной лодке по одному из подмосковных водохранилищ. Ездили мы вчетвером: Сергей Алексеевич, Толя, я и... Я долго вспоминала, кто был наш четвертый спутник, чья была надувная лодка, по какому водохранилищу мы плавали? Отчетливо помню только, что было холодно, часто шел дождь, но все мы были довольны и счастливы. Мне кажется, что я вспомнила вдруг, что нашего спутника звали Женя Симонов (имя вспомнила потому, что знала в другой моей альпинистской жизни другого Женю Симонова) и были Симоновы (он и его жена) чьими-то хорошими знакомыми, скорей всего все-таки Лебедевскими. Никогда больше никого из Симоновых я не встречала. Однако это воспоминание породило еще одно: встречу Нового 1941 г. в квартире этих самых Симоновых, причем почему-то в отсутствие хозяев. Встреча этого Нового года сохранилась в памяти только в виде отрывочных эпизодов и оставила общее ощущение пира во время чумы. Вокруг все плохо, тучи сгущаются, впереди наверняка война, а мы веселимся, причем как-то бесшабашно, громко, под почти общий лозунг «Ну и напьюсь же я сегодня!» Помню, что наша новогодняя компания была довольно большой, но точно помню среди присутствующих (кроме нас с Толей) только Лебедевских и Займовских. Но ведь потребовалась почему-то большая чужая квартира. Вообще от этого вечера сохранились только отрывочные воспоминания, например, как мы запрятали в чужом дворе в сугробе несколько бутылок шампанского и потом никак не могли их отыскать, но, кажется, все-таки нашли. Помню, что некоторые сильно перепились, а я боялась, что мы не успеем привести в порядок квартиру к приезду хозяев. Больше никаких воспоминаний о встрече 1941 г. у меня не сохранилось.

О начале войны мы узнали в поезде, возвращаясь вечером из очередного воскресного похода 22 июня 1941 г. Итак, для нас тоже началась война. Алиса жила с детьми на даче, на 57 км Казанской ж/д, с ними же уехала постоянная Алисина домработница Маруся. СА остался в Москве один, и мы договорились с Алисой, что обедать он будет приходить к нам, а на воскресенье мы все будем ездить на дачу. Когда начались ночные бомбежки Москвы, мы ездили иногда ночевать на дачу и в середине недели. Толю призвали в московское ополчение. Мы просидели с ним около районного военкомата целый день, но отправки в тот день так и не было. На следующий день Толя заболел и пролежал несколько дней с температурой более 40. За эти дни отправка состоялась без него, а больше его почему-то не призывали.

Болезнь, безусловно, спасла ему жизнь, так как из того ополчения вернулись живыми единицы.

После месяца интенсивных бомбардировок Москвы дошла очередь и до меня. Меня вызвали в районный отдел НКВД и предложили в течение 2 суток покинуть Москву. Мне вежливо предложили выбрать самой место высылки из по крайней мере 20 городков Союза. К тому времени я уже знала, что Толино электромонтажное управление будет в случае надобности эвакуироваться на Урал, в город Челябинск. Поэтому из предложенного мне списка я выбрала г. Кыштым Челябинской области.

В общей сложности, я пробыла на Урале (сначала в Кыштыме, потом в Челябинске) до 1953 г. В 1943 г. Толя перетащил меня (а потом и маму) в Челябинск, и я стала работать вместе с ним в наладочной группе электромонтажа. В 1944 г. у нас родился сын Володя. А весной 1945 г. я вернулась ненадолго в Москву. К тому времени окончился срок высылки у отца Толи, и вся его семья жила в Москве. Семья Лебедевых также вернулась из Свердловска, но по-прежнему жила в 2 комнатах в коммуналке. В 1945 г. СА получил предложение от Украинской АН получить звание академика и возглавить украинский Институт энергетики при условии переезда в Киев. Тогда в квартире Лебедевых состоялось знаменитое «голосование друзей». Решался вопрос, ехать в Киев или не ехать. По кругу была пущена шапка, и все собравшиеся опускали в нее записки со своим мнением. Получилось «Ехать». Я в этом голосовании участия не принимала, знаю о нем только со слов Толи. Мы с Толей жили тогда на Тестовке, в коммунальной квартире, в доме с печным отоплением, в одной комнате вместе с Толиной теткой — инвалидом и нашим годовалым сыном. Виделась я с Лебедевыми редко, таскать с собой маленького ребенка не любила, а оставлять дома было сложно. Встречаться же очень хотелось. Лебедевы готовились переезжать в Киев, и опять предстояла долгая разлука. Однажды осенью, или уже зимой 45—46 года Алиса сообщила, что в ближайшее воскресенье они с СА к нам придут. В своем стиле она добавила: тебе, говорят, батраки нужны — дрова пилить, так готовь хорошее угощение, работников кормить надо. А у нас действительно во дворе лежала куча дров. Мы с Толей пилили понемножку, но уменьшалась она почти незаметно. К реплике Алисы насчет пилки дров я отнеслась, как к шутке, но к воскресной встрече радостно готовилась. Каково же было мое удивление, когда в воскресенье они приехали сравнительно рано утром, причем СА был в лыжном костюме. И потребовал, чтобы они с Толей сразу же начали пилить дрова, и перепилили-таки всю кучу. В это время мы с Алисой готовили шикарный обед, и она приговаривала, батраков кормить хорошо надо, а ты теперь можешь хвастаться, что в батраки только академиков нанимаешь. Вот такой был этот воскресный день, который мы провели вместе с утра до позднего вечера. Я этот день помню до сих пор, а вообще я многое вспоминаю с трудом, особенно даты и последовательность событий. Так, при отсутствии у меня здесь всех документов прошлого, я не могу точно вспомнить, кто уехал из Москвы раньше, Лебедевы в Киев, или я в Челябинск. Дело в том, что в 1946 г. мы разошлись с Толей, и я снова уехала в Челябинск с сыном Володей, на этот раз до 1953 г. За эти годы Толя обзавелся собственной семьей (женой и дочкой), защитил докторскую диссертацию и успешно продвигался в научной и преподавательской сферах. Он обожал дочку, увлекался водными лыжами и жил полной жизнью. Продолжал дружить с Лебедевыми, но дружбы семьями не получилось. Алиса не приняла новую жену Толи, а тот, кто Алисе не нравился, не мог чувствовать себя уютно в ее семье.

На этом я собиралась кончить свои воспоминания, хотя впереди до смерти СА оставалось еще больше 20 лет активной и, может быть, наиболее интересной и плодотворной жизни. Я считаю, что этот период жизни семьи Лебедевых будет подробно описан их детьми и друзьями, и вряд ли я смогу сейчас вспомнить из того времени что-либо, что было бы не известно им, зачем же повторяться? Однако подумав немного, я решила описать еще и историю моего возвращения в Москву. И Алиса,

и СА не только принимали в ней активное участие, они были ее инициаторами и даже творцами.

К 1953 г. я оказалась в Челябинске одна, с двумя мальчишками, и было мне не то чтобы трудно, но как-то не очень понятно, почему я здесь, если все мои корни в Москве. С работой было все прекрасно: я была начальником отдела местного отделения института Тяжпромэлектропроект и работу свою любила. Рядом были хорошие люди, и даже друзья. И все же... Узнав о моих обстоятельствах, Лебедевы решили перетащить меня в Москву. СА даже связывался с кем-то из Тяжпромэлектропроекта и узнал, что они могут оформить перевод сотрудника из областного отделения в том случае, если почему-либо этот сотрудник уже очутился в Москве. И тут заработала Алиса. Из всех близких ВЭИвских друзей к тому времени бессемейным остался только Е. С. Ратнер, или Има, как его звали в нашей компании. Алиса знала, что именно с ним мы были близкими друзьями, и что он ко мне относился даже больше, чем только по-дружески. Но было это больше 10 лет назад, а теперь? «Невеста» не первой свежести, и приданое в виде двух сорванцов-мальчишек 6 и 10 лет. Алиса быстро выяснила, что мы с Имой последний год активно переписывались, и обо многом даже уже договорились, но до активных действий было еще очень далеко. А Алиса была человеком активных действий. Она сообщила в Челябинск, что мне необходимо приехать в Москву на 3 дня, и назначила заблаговременно эти дни. С большим трудом я устроила на это время мальчиков и приехала в Москву. Это были какие-то праздники, и СА с Алисой проводили их в санатории Узкое. Туда же были приглашены и мы с Имой. Вчетвером, гуляя по окрестным лесам, мы без всяких помех детально обсуждали все подробности предстоящей «операции» и все сложности, с ней связанные, а их было очень много. Когда, в конце концов, я приехала-таки в Москву с мальчиками, главной моей заботой было оформить поскорее мой перевод в Тяжпромэлектропроект, а для этого потребовался целый день. И опять главная забота: куда деть мальчиков? Пришлось обратиться за помощью к Алисе. Сама Алиса по неотложным делам должна была уехать из дома на несколько часов и поручила моих мальчишек попечению девочек, которым было в то время уже по 14 лет. Когда Алиса через пару часов позвонила домой, чтобы узнать, как они справляются, она услышала вопль о помощи: мама, приезжай скорее, мы больше не можем! Оказывается, мои бандиты умудрились расколотить многолитровую банку с вареньем...

Начался второй, значительно более долгий период моей московской жизни, опять связанный с семьей Лебедевых, хотя и не так тесно, как в довоенные годы. Сергей Алексеевич, уже союзный академик, создатель первой советской электронной вычислительной машины, директор Института точной механики и вычислительной техники, занят с утра до позднего вечера. Прибавилось дел и у Алисы: дети выросли, и их стало больше. В семье появился еще один ребенок, усыновленный семьей Лебедевых — Яша, киевский друг Сережи. Мы с Имой оба работаем, и детей у нас стало трое. В 1956 г. у нас родилась дочь. Мне очень хотелось, чтобы была девочка. Я и имя заготовила заранее, и объявила всем, что если будет еще один мальчик, то повешусь на первой же березе. Роды сильно задерживались, Алиса звонила каждый день и предупреждала: «смотри, Ирка, не ошибись, у меня для твоей Наташки розовый костюмчик уже приготовлен». Встречались мы теперь сравнительно редко, в основном, на каких-нибудь «знаменательных» датах или у Лебедевых, или у общих друзей. У нас практически не собирались, так как жили мы в двух комнатах большой коммунальной семикомнатной квартиры. Знаменательных дат в семье Лебедевых становилось все больше: дети выросли, женились, выходили замуж. Алиса умела великолепно устраивать «приемы»: многолюдные, но всегда интересные. Сережа младший был великим придумщиком, и они с Алисой всегда заготавливали к этим приемам какую-нибудь «изюминку». Однако я всегда была человеком «камерным»,

многолюдных сборищ не любила и предпочитала общаться с друзьями в компании с ограниченным числом участников и неограниченными возможностями общения. Возможности эти значительно увеличились с тех пор, как у Лебедевых появилась дача в академическом поселке Луцыно в восьми километрах от станции Звенигород. Сначала это была дача, предоставленная Лебедевым только в пользование, но потом разрешили ее выкупить и получить в собственность. Помню, как Алиса носилась по Москве и занимала деньги у знакомых. Вносить надо было срочно, и деньги немалые. Дачу полюбили все: и взрослые, и дети, и сами Лебедевы, и все их друзья. Да и не мудрено: уютный двухэтажный дом, большой садовый участок, внизу под горой река Москва, а с другой стороны, через поле, великолепный лес. И дорога на дачу была удивительно хороша. Как только подросла моя дочь Наташа, у нас стало традицией ездить втроем в Луцыно к Лебедевым на майские праздники. Сколько воспоминаний связано с этими поездками! Дорогу от Звенигорода до дачи мы обязательно проходили пешком, и уже это было огромным удовольствием. А впереди еще неограниченное удовольствие от общения со всей семьей: прогулки в лесу с СА (Алиса никогда не была любительницей гулять) и вечер перед весело горящим камином. Ездили мы в Луцыно и летом, а потом даже зимой, но уже, как правило, без Алисы. Годы шли, мы старели, дети выросли. Большинство жили в Москве уже отдельно от родителей, но дача в Луцыно собирала летом опять всех вместе (или почти всех). Больше я об этих годах писать ничего не буду, другие наверняка напишут лучше, а мне пора заканчивать. Когда повзрослели и наши дети, я снова стала встречаться с Лебедевыми чаще. Особенно мы опять сблизились, когда заболел СА, а потом и Има. То время я три года никуда не ездила в отпуск. По договоренности с моим институтом, я использовала отпускные дни для получения укороченного рабочего дня, чтобы иметь возможность навещать в больнице Иму, куда он периодически ложился для очередного сеанса химиотерапии. В то же время я часто навещала в академической больнице СА, где он периодически лежал иногда один, а иногда вместе с Алисой. И я, и Алиса прекрасно знали, что наши мужья приговорены официальной медициной. Поэтому обе мы лихорадочно искали любые альтернативные методы и возможности — очень хотелось верить в чудо. В промежутках между попаданиями в больницы и СА, и Има активно работали. Алиса всячески старалась, чтобы во время этих промежутков СА вел по возможности здоровый образ жизни. И в какую-то осень мы договорились с Алисой, что я буду приезжать к ним по субботам и прогуливать упрямого больного в парке. Отправляя нас в очередную прогулку, Алиса обычно говорила ему: гуляйте, как договорились, не меньше часа, ведь не с кем-нибудь гуляешь, а с мастером спорта по альпинизму. Надо сказать, что в отношении режима дня и питания с СА было договориться не просто, но достигнутую договоренность он выполнял четко. В подтверждение могу привести уже не свои, а Наташкины воспоминания о том, как Алиса, приготавливая к обеду котлеты, старалась делать одну побольше, специально для СА, объясняя это тем, что раз договорилась с ним о том, что съест за обедом одну котлету, значит съест. Несмотря на все попытки обмануть судьбу, чуда не произошло, и в июле 1974 г. СА не стало (Има умер в том же году, но еще раньше, в январе). СА ушел из жизни обидно рано: ему не исполнилось еще 72 лет. Сейчас, в свои 87 лет я особенно ясно понимаю, сколько он мог бы еще совершить в жизни хорошего и полезного и для своих близких, и для страны, проживи он больше. Алиса пережила СА почти на 5 лет. Несмотря на утрату самого близкого человека, она не была сломлена. Долгая болезнь СА и знание того, что болезнь эта неизлечима, подготовили ее к неизбежной потере. И, кроме того, Алиса была очень сильным и жизнелюбивым человеком. Она продолжала оставаться главным управляющим центром семьи Лебедевых, была по-прежнему энергична и необыкновенно моложава. Прекрасно помню, с каким увлечением она занималась строительством второго дома на их садовом участке в Луцыно. Семья выросла, и старая дача уже не могла вместить

растущие семьи взрослых детей. Она решила, что сама и семьи обеих девочек останутся в старой даче, а для семей Сережи и Яши задумала построить новый 2-этажный дом с использованием существующего здания гаража. Алиса всегда мечтала о том, чтобы вся Лебедевская семья собиралась вместе хотя бы летом, и свою мечту она успела осуществить. Я всегда была уверена в том, что Алисе предстоит очень долгая жизнь. Даже тогда, когда я узнала о том, что она больна, что у нее аневризма сосудов головного мозга, что у нее бывают продолжительные приступы мучительной головной боли, я и представить себе не могла, что это может закончиться трагедией. Не знаю, как могло случиться, что я никогда не присутствовала ни при одном приступе. Может быть, видела бы, по-другому бы относилась к этому. А так считала, да, аневризма это страшно, и у всех каждый приступ может кончиться смертью, но... не у Алисы. До поры до времени все и обходилось. А между приступами она была прежней, веселой, живой, энергичной, полной сил и замыслов. Если смерть СА была для меня горем, то смерть Алисы — потрясением. Я долго не могла поверить и принять, что ее больше не будет в моей жизни. Алисе было 68 лет, когда она умерла, но у меня до сих пор сохранилось ощущение, что она умерла совсем молодой, внезапно, на бегу. Живой памятью о СА и об Алисе надолго останется созданная ими семья Лебедевых, которая чтит их память, продолжает отмечать дни их рождения и смерти, и продолжает дружить с их еще оставшимися в живых друзьями.

В качестве яркого примера отношения семьи Лебедевых к старым друзьям своих родителей не могу не привести в этих воспоминаниях еще один эпизод. Весной 1985 г. мне неожиданно позвонила Катя и предложила провести лето у них на даче в Луцыно, в той части нового дома, которая принадлежала Сереже (сыну). В то время он жил летом в поселке Хлюпино в доме своей жены Наташи и не пользовался своей частью дома. Я не знаю, от кого исходила инициатива этого предложения — от самого Сережи или от Кати после консультации с ним. Предложение пришлось очень кстати, ведь у моего старшего сына Володи, с семьей которого я тогда жила, недавно родился сын, и мы как раз ломали голову над решением летней проблемы. Я объяснила Кате, что я не одна, а с привеском — внуком Вячиком и его мамой Олей. Катя сказала, что все обсудит с другими обитателями дачи: мужем Игорем, сестрой Наташей и Яшей с Таней, но не сомневается, что возражений не будет. В результате, мы провели в Луцыно не одно, а два замечательных лета, причем с Луцыно познакомились не только Володя, который приезжал каждое воскресенье, но и мой второй сын Женя, и его дети, мои внуки, Ира и Никита. Для меня оба этих лета были полны воспоминаний о прошлом и настоящего знакомства со всеми, уже взрослыми, детьми Лебедевых и их спутниками жизни. До этого мы встречались только на многолюдных сборищах, посвященных датам, и на столь же многочисленных детских праздниках, которые устраивали Катя и Игорь сначала для своей старшей дочери Лизы, любимой внучки Алисы, потом и для других подрастающих детей, как своих, так и чужих (Наташиных, Яшиных, а также детей друзей, в том числе и нашей Наташи). Вот тогда, за эти два лета в Луцыно, я по-настоящему узнала и полюбила и Катиного мужа Игоря, и Яшу с Таней, и совсем уже взрослую Лизу. Каждый день я с удовольствием разговаривала с Катей, а по воскресеньям приезжала ее сестра Наташа, и с ней мы тоже много общались. Увы, сейчас уже нет Яши, но его семья по-прежнему каждое лето в Луцыно.

Последние годы я редко встречаюсь с семьей Лебедевых, так как по полгода, а то и больше, живу далеко от Москвы, в семье моей дочери в Израиле. В последний мой приезд в Москву я твердо решила повидаться с Лебедевскими, но так, чтобы повидать как можно больше взрослых членов семьи. Где это возможно? Ну конечно же в Луцыно, на даче. Я долго выжидала, пора было уже уезжать, а все не могла поймать подходящий день. Строго говоря, я его так и не поймала: не было Сережи, была в командировке Наташа, не было и Яшиной жены Тани. Однако выхода у меня

не было, либо в эти выходные, либо встреча так и не состоится. Наконец, возвратились из поездки в Дагестан Игорь и Катя, у которой я надеялась узнать все новости обо всех отсутствующих (по моим наблюдениям еще во время тех двух летних сезонов, проведенных в Луцыно, именно Катя сейчас играла роль объединительницы и собирательницы семьи). В отличие от Алисы, она работала (в школе). Летом она была свободна и проводила его в Луцыно, с кем-либо из Лизиных детей. И я решила ехать. Я приехала в Луцыно вместе с сыном Володей, собираясь вернуться в Москву в тот же день. Как же разрослась Лебединая стая, как изменился их дачный участок! Я просто не узнала его и прошла было мимо. На участке было уже не два, а целых четыре дома. На даче из взрослых мы застали только Катю и Аню (дочку Кати и Игоря), но многие должны были приехать вечером. Пришлось остаться ночевать. День провели в разговорах с Катей и Аней и в прогулках под дождем по знакомым местам, а поздно вечером я повидалась и с Игорем, и с Лизой, и с дочкой Наташи Алисой и познакомилась с Лизиным и Алисиным мужьями, а также с Серезиным сыном Володей. На следующее утро сияло солнце, и на участке оказалось множество детей. Потом, по Катиным рассказам, я даже составила семейное древо СА и Алисы. Я насчитала 8 внуков и 13 правнуков. Да, не зря тогда носилась Алиса по Москве, собирая деньги на дачу в Луцыно.

На этом я кончаю. Почти две недели я прожила в далеком прошлом, причем большую часть времени потратила на то, чтобы просто вспоминать. Мне это было приятно, хотя я не уверена в том, что написанное мною пойдет «в дело». Если же что-нибудь из написанного пойдет, рада внести и свою небольшую лепту в память о двух очень хороших, очень интересных и очень дорогих мне людях.

## **О Сергее Алексеевиче Лебедеве (о киевском периоде его деятельности и личные воспоминания о нем)**

*З.Л. Рабинович*

Воспоминания о человеке, если они искренни, всегда субъективны. То есть это модель человека в голове вспоминающего, в которой выражено не только его представление о человеке, но и отношение к нему. Но модель, как правило, является лишь приближением к оригиналу и у разных людей эти приближения могут различаться — тем более, что в них безусловно отражаются и взаимоотношения и взаимодействия вспоминающего с человеком, о котором он вспоминает. Поэтому несколько не навязывая читателю свои представления в качестве абсолютной истины, я хочу выразить с абсолютной искренностью свои представления о человеке, работа под руководством которого и повседневное общение с которым составили, наверно, лучший период моей жизни. Я написал избитый термин «под руководством» — просто потому, что не нашел другого слова. Но это было не «руководство» в чиновничьем понимании этого термина (известный шаблонный диалог с секретаршей: «А когда придет такой-то?» — «не знаю, он у руководства»). Работать у Сергея Алексеевича означало пребывать все время в его духовной ауре, в сфере его мудрости и обаяния, быть вдохновленным его идеями и постоянными задумками, но вместе с тем чувствовать просторы и для собственной инициативы, быть заряженным его увлеченностью. И его отношением к работе и к жизни.

Мне 83 года и моя искренность не может подвергаться сомнению: для меня Сергей Алексеевич был Богом. Отсюда и моя любовь и мое отношение к нему. Мне все время приходит в голову такая метафора. Вот если собрать множество людей и разграничить по интеллекту и другим человеческим качествам, то окажется, что

в это множество включить Сергея Алексеевича нельзя, он несопоставим с этим множеством разных людей — он другой природы, обычные критерии к нему не применимы — он инопланетянин, он земной бог. Вот таким он отложился в моей памяти. И после этого вступления, высказанного из глубины души, перехожу к описанию деятельности С. А. Лебедева в Киеве.

6 ноября 1950 г. в закрытой рабочей тетради Сергея Алексеевича (прошнурованной и с пронумерованными листами — или как мы говорили — прошнурованной) была сделана чрезвычайная запись. Запись гласила, что сегодня малая электронная счетная машина (МЭСМ) решила первую (тестовую) задачу и запускается в опытную эксплуатацию. Это означает, что выполнено социалистическое обязательство к 33-й годовщине Октябрьской революции (такое время!). Подписан акт «треугольником» лаборатории — С.А. Лебедевым, Е.А. Шкабарой (парторгом), З.Л. Рабиновичем (профоргом). С.А. Лебедев к тому же был директором Института электротехники АН УССР, в составе которого и была лаборатория. В наших глазах это было чудо, для которого все работали, предвкушением которого все жили, но которое как-то вещественно ощутили только тогда, когда оно свершилось: решение задач подвластно машине — ура!

Теперь я кратко расскажу обо всем киевском периоде деятельности Сергея Алексеевича до и после свершения этого чуда — главной вехи этого периода. (Хоть дальше будет и доводка машины для расширения ее возможностей и сдача ее Государственной комиссии — 25 декабря 1951 г. и многое другое, но об этом дальше.)

В 1946 г. по инициативе доктора технических наук профессора Л. В. Цукерника С.А. Лебедев был приглашен АН УССР в Киев в качестве директора Института энергетики АН УССР, который он и возглавил в 1946 г. С мая 1947 г. он уже являлся директором выделившегося Института электротехники. До этого, а именно в феврале 1945 г., С.А. Лебедев был избран действительным членом АН УССР как выдающийся ученый электроэнергетик. Ему принадлежал ряд основополагающих работ в области электроэнергетики и, в частности, обеспечения устойчивой работы электрических систем, которые публиковались с 1929 (когда ему было 27 лет!) по 1949 г. В послевоенные годы С.А. Лебедев активно сотрудничал с Институтом энергетики и лично с Л.В. Цукерником, вместе с которым он был в 1950 г. удостоен Государственной премии СССР за ранее состоявшиеся разработки в области «повышения устойчивости энергосистем и улучшения работы электроустановок». Уже при проведении этих работ С.А. Лебедев разработал и широко применял методику специализированного аналогового моделирования и явился создателем одних из первых в СССР электронных аналоговых вычислительных устройств непрерывного действия. Но стремление к повышению точности вычислений, всемерному расширению круга решаемых задач (то есть к универсализации вычислительных средств), к автоматизации вычислительного процесса в целом и к повышению его быстродействия привело Сергея Алексеевича к идеям создания электронных вычислительных машин дискретного действия (цифровых), получивших впоследствии аббревиатуру ЭЦВМ. И ко времени переезда Сергея Алексеевича в Киев эти идеи у него уже, по видимому, были в периоде созревания. Об этом свидетельствует супруга Сергея Алексеевича Алиса Григорьевна, замечавшая последовательности единиц и нулей, которыми были испещрены его папиросные коробки «Казбек».

Однако лаборатория С.А. Лебедева в возглавленном им Институте энергетики была основана как лаборатория моделирования и автоматического управления, и первое время вплоть до осени 1948 г., в ней велись работы только в данных направлениях. И это понятно — поскольку эти направления с ориентацией на управление энергосистемами именно и соответствовали как тематике Института энергетики в то время, так и цели приглашения С.А. Лебедева возглавить этот Институт. Переключение же лаборатории на создание ЭЦВМ, конечно же ранее

задуманное и выполненное Сергеем Алексеевичем, было неожиданным не только для коллектива лаборатории, но, по-видимому, для всего окружения Сергея Алексеевича и даже руководства Академии. И это понятно, если вспомнить обстановку тех лет, включая отношение к зарождающейся кибернетике и настороженность к появлению новых необычных инициатив. То есть для того чтобы развернуть работы по созданию ЭЦВМ, нужно было вначале хотя бы в макетном исполнении показать их результаты. Вот такой замкнутый круг. И Сергей Алексеевич сумел его разорвать. Параллельно с работами лаборатории по ее прямому предназначению уже исподволь им подготавливались возможности для указанного переключения ее усилий на создание ЭЦВМ. Этому способствовали, во-первых, колоссальная творческая работа по разработке принципов построения ЭЦВМ, проделанная лично Сергеем Алексеевичем, и, во-вторых, накопление опыта работы с электронными схемами, а также некоторые материальные ресурсы, получаемые от результатов выполнения основной тогда тематики. В последнем факторе особое значение имела специальная работа из области так называемого полунатурного моделирования, выполнявшаяся по хоздоговорному заказу ведомственной, очень авторитетной московской организации. Эта работа заслуживает внимания в повествовании о С. А. Лебедеве — поскольку является последним и весьма значительным его свершением в годы, предшествующие деятельности в области создания цифровой вычислительной техники, которая как бы затмила его предыдущую деятельность, ознаменованную рядом фундаментальных достижений.

В данной разработке была реализована методика наземного исследования и испытания систем автоматического регулирования полетов летательных аппаратов. Согласно этой методике объект регулирования замещается сочетанием аналогового устройства и управляемой от него подвижной платформы, на которой и размещается исследуемая аппаратура автоматического регулирования. При этом необходимо выдержать точное следование движения платформы моделируемыми движениями летательного аппарата. Обычная следящая система, как промежуточное управляющее звено между аналоговым устройством и платформой, — это обеспечить не может (инерция, сухое трение и т.д.). И Сергей Алексеевич выдвинул кардинальную идею управления платформой на основе выработки аналоговым устройством моментных воздействий на нее (моделей соответствующих возмущений летательного аппарата) и восприятия этих воздействий моментными двигателями платформы. Эта идея не только была реализована в данной разработке, но и воспринята в других центральных организациях, занимающихся соответствующей тематикой. В лаборатории же Сергея Алексеевича под его руководством и была создана так называемая установка комбинированного моделирования (полунатурного — как затем его называли).

В этой установке платформа обладала тремя степенями свободы, движение летательного аппарата имитировалось аналоговой машиной на операционных усилителях. Она создавалась для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Управление моментными серводвигателями платформы осуществлялось тиристорным устройством и магнитным усилителем на дросселе насыщения. Причем к моментной составляющей управляющих воздействий были еще добавлены коррекции по углам поворотов и скоростей. Все составные части установки представляли собой оригинальные разработки, имеющие и самостоятельное значение, и по сути являлись изобретениями.

Установка была успешно сдана в Москве. Принимал ее сам профессор Фельдбаум, а в отзыве академика В. А. Трапезникова на кандидатскую диссертацию З. Рабиновича по системе управления платформой среди положительных высказываний было также отмечено, что данная система является пионерской разработкой (я занимался установкой в целом, но предметом диссертации была только ее управленческая часть).

В связи с данной работой, выполненной целиком в лаборатории С.А. Лебедева в 1948-1949 гг., мне хочется поделиться с читателями сокровенным и отметить некоторые характерные моменты в отношении Сергея Алексеевича ко мне, чтобы способствовать созданию цельного представления о нем, как о человеке. Я поступил в аспирантуру Института электротехники, сдав сразу же кандидатские экзамены без отрыва от производства в 1947 г. Фактически же стал аспирантом в марте 1948 г., так как еще был задержан на заводе, где работал старшим инженером-конструктором (в г. Кирове, б. Вятка). Экзамен по автоматическому регулированию, как специальному предмету, я сдавал непосредственно Сергею Алексеевичу, директору Института. Он меня подробно расспрашивал о работе на заводе, и я видел, как у него загорались глаза, когда я ему рассказывал о своих делах там, и я почувствовал себя счастливым, когда мне рассказали, что после экзамена Сергей Алексеевич сказал, что «этот мальчик мне понравился и я хочу, чтобы он у меня работал». Вот так я и попал в качестве аспиранта именно к Сергею Алексеевичу в его лабораторию. Он спустя месяц или два полностью меня погрузил в работу по созданию установки полунатурного моделирования, для чего лишь кратко, но очень доходчиво изложил постановку задачи, предоставив мне достаточный простор для творческой инициативы. Сергей Алексеевич остался вполне доволен качеством работы установки, но был рассержен тем, что к ее окончанию у меня еще не была оформлена диссертация (времени не было!). Основные выкладки, относящиеся к моей исключительно самостоятельной части работы, уже имелись и они Сергею Алексеевичу даже очень понравились. А вот его кардинальная идея, заложенная в основу разработки, не была раскрыта в моей работе с достаточной аналитической глубиной, и должен сказать, что Сергей Алексеевич мне очень и очень помог в этой части работы. Может быть еще и потому, что принял во внимание отсутствие у меня обычной аспирантской подготовки и настройки на академическую работу — ведь я сразу же после работы на производстве был загружен сложной научной разработкой. Чтобы еще оттенить помощь Сергея Алексеевича (разъяснения, формулировки и т. п.), я должен сказать, что из 44 своих выпускников — кандидатов наук — я никому так сильно не помогал непосредственно в подготовке диссертации. Сергей Алексеевич даже имел из-за этого немалую неприятность. На него был написан анонимный донос в ЦК, в котором одним из основных обвинений фигурировало продвижение З.Л. Рабиновича по работе, и в частности помощь в его диссертационных делах (время такое было!). Донос в результате проверки был признан клеветническим, но, как говорится, нервов он Сергею Алексеевичу немало попортил. Мне же он обошелся оттяжкой на 1,5 года защиты — так как потребовалось дополнительное закрытое рецензирование работы (подал я работу в 1950 г. после сдачи установки, а защищал ее лишь в 1952 г.). Также не могу не рассказать, что Сергею Алексеевичу еще довелось меня отстаивать в связи с требованием моего увольнения каких-то высших проверочных инстанций, в ходе проводимой в то время кампании сокращения научных сотрудников-евреев, работающих по закрытой тематике. Кроме меня, с таким же паспортом был еще один научный сотрудник, заместитель заведующего лабораторией (С.А. Лебедева) Лев Наумович Дашевский, а наличие такого рода двух научных сотрудников в одной лаборатории являлось крайне нежелательным. Естественно, что отрицательный выбор пал на меня, но Сергей Алексеевич занял принципиальную позицию, что в то время было совсем не легко, и решительно меня отстоял, чему способствовало наличие у меня допуска, выданного еще на заводе.

Ко всему здесь сказанному я хочу еще только добавить, что и после того как Сергей Алексеевич переехал в Москву, я все время ощущал его научную и даже жизненную поддержку, причем не только воочию, но и незримую. Эта поддержка очень способствовала моей научной деятельности, и контакты с Сергеем Алексеевичем навсегда сохранятся в моей памяти как одни из лучших моментов жизни. Далее

я уже рассказываю о главной деятельности Сергея Алексеевича в Киеве — создании первой отечественной ЭВМ.

Как-то осенью 1948 г. Лев Наумович Дашевский и я докладывали Сергею Алексеевичу в его директорском кабинете о состоянии разработки установки полунатурного моделирования. Он остался доволен состоянием работ — поскольку уже были выработаны технические решения, и наступал главный этап их практической реализации. После нашего доклада Сергей Алексеевич совершенно неожиданно для меня и, насколько я помню, даже для Л. Дашевского, заявил, что эту работу нужно поскорее завершить (а она лишь только была развернута), поскольку в лаборатории начнется очень большая работа по созданию электронной счетной машины. Не скрою, для меня это сообщение Сергея Алексеевича было как гром среди ясного неба, и я, влезший в то время по уши в интереснейший эксперимент создания прецизионной следящей системы, связанный к тому же с изящными аналитическими выкладками, не удержался и воскликнул: «Так неужели мы будем делать арифмометр?» На это мне Сергей Алексеевич удивительно спокойно ответил, что я не понимаю значения цифровой вычислительной техники, и объяснил, что в научно-техническом прогрессе она будет иметь значение не меньшее, чем атомная энергия.

К тому времени, насколько помню, мы уже знали о предстоящем переводе лаборатории в поселок под Киевом — Феофанию (теперь уже он в черте города), в специально отремонтированное для этого здание бывшей монастырской гостиницы. И вот осенью 1948 г. в первую же отремонтированную комнату была переведена моя группа, работавшая над созданием установки полунатурного моделирования. На этом же первом этаже был устроен кабинет Сергея Алексеевича (как заведующего лабораторией), одна комната была отдана как дополнительное помещение радиотехнической лаборатории С. И. Тетельбаума, а все остальные комнаты этого этажа были заняты под разработку ЭЦВМ МЭСМ. В углубленном этаже (слово «подвальный» для него мало подходит) размещались силовые установки, мастерские и склад, а весь второй этаж был занят под жилые помещения. Да, именно так, и это дало возможность организации круглосуточной работы лаборатории за счет постоянного присутствия в ней, по меньшей мере, шести сотрудников, а также приема новых сотрудников с временным поселением в здании лаборатории вплоть до предоставления жилплощади в этом же поселке «Феофания», чему конечно способствовал авторитет Сергея Алексеевича. Таким образом, лаборатория была под постоянным надзором жившего здесь с семьей ее главного инженера Ростислава Яковлевича Черняка. Но кроме комнат, занятых под эти поселения, здесь еще были небольшие семейные квартиры самого Сергея Алексеевича, его заместителя по лаборатории Дашевского Льва Наумовича, а также комнаты типа мужского и женского общежитий для постоянного, либо эпизодического проживания в течение рабочей недели наиболее занятых сотрудников лаборатории. Говорю об этом столь подробно потому, что такое сочетание работы лаборатории с бытом сотрудников явилось замечательной организационной находкой Сергея Алексеевича, использовавшей трудности (лаборатория за городом) во благо и позволившей организовать чрезвычайно эффективный режим работы. Конечно, особую роль в этом решении сыграло участие самого Сергея Алексеевича в быте коллектива лаборатории как большой семьи. Более того, в теплое время Сергей Алексеевич жил в Феофании постоянно с семьей и участие в быте лаборатории его супруги — обаятельной, остроумной Алисы Григорьевны также весьма и весьма способствовало успешной работе сотрудников. Даже дети — Сережа, Катя и Наташа своим участием во всяких побочных мероприятиях (очистке территории, оборудовании спортплощадки и т. п.) вносили свой вклад в этот уникальный климат работы лаборатории. Особо большая заслуга в этой организации принадлежит также Льву Наумовичу Дашевскому, постоянно проживавшему в Феофании все рабочие недели.

В конце 1948 г. по окончании ремонта уже вся лаборатория была переведена в Феофанию, и были развернуты разработки МЭСМ, а также завершающие работы по созданию установки полунатурного моделирования, которая была в конце 1949 года предъявлена, успешно прошла испытания и сдана Заказчику в Москве мной и Р.Я. Черняком.

Ввиду условий того времени разработка МЭСМ характеризовалась совершенно особой спецификой, отличавшей ее от разработок цифровой вычислительной техники в более поздние времена. Ведь помимо самой машины, нужно было разрабатывать и делать самим различные технологические оборудование, причем не только штатное, но и ранее не предусматриваемое — специальное устройство для подбора пар ламп для триггеров (согласованных по характеристикам в каждой паре), стабилизатор накала ламп (без которого лампы давали сбой и вообще ускоренно выходили из строя) и т. д. и т. п. Возникала иногда необходимость и в совершенно необычных действиях — как-то добывание на свалках военного оборудования различных радиодеталей — сопротивлений, конденсаторов и др. А главное то, что все делалось **впервые** — в том смысле, что ничего не заимствовалось. Поэтому каждое достижение вызывало радость первооткрывания. Заработал триггер со счетным входом — ура! А получился параллельный сумматор — вообще праздник! И вот в этой специфике работы просто поразительна деятельность Сергея Алексеевича — ведь он был не только главным изобретателем и конструктором машины, но и зачастую выполнял обычные инженерные функции — отлаживал и корректировал основные узлы. И у пульта руководил комплексной отладкой всей машины. Несмотря на такую занятость, Сергей Алексеевич был доступен для решения различных вопросов, в том числе и не связанных с его работой на данном отрезке времени, причем такие вопросы решались и вне рабочего времени Сергея Алексеевича — он зачастую работал ночами (работа лаборатории была трехсменная) и тогда по утрам отсыпался. И когда он, проснувшись, отдыхал еще в постели за чтением книги Дюма (очень его любил), к нему можно было зайти и выяснить какой-либо острый вопрос. Это я знаю на собственном опыте — как-то зашел к нему в это время с какой-то сложной схемой, которой был очень доволен, а он усмехнулся и тут же предложил значительно более простую схему. Одним словом — все остались довольны. И еще раз повторяю — не только сама работа Сергея Алексеевича, но и удивительные, неформальные отношения его с коллективом лаборатории, особо с основными разработчиками (вплоть до совместного отдыха), создавали тот неповторимый климат работы лаборатории, который способствовал созданию ЭВМ МЭСМ в невиданно короткие сроки.

Теперь по порядку о самом создании МЭСМ, в котором наиболее ярко проявились профессиональные и духовные качества Сергея Алексеевича. Как вспоминает он сам, как упоминалось выше и как следует из историко-научных исследований, работа над созданием МЭСМ была начата в конце 1948 г. Обращаю на это внимание потому, что в литературе вплоть до выхода книг Б. Н. Малиновского (где все совершенно объективно и правдиво расставлено по местам) иногда проскальзывали и неверные даты начала работ и построения машины, даже знаменитые ученые в своих воспоминаниях подчас ошибались. А ведь даты — это и приоритет, и престиж, и показатель темпов разработки и т. п.

Машина была создана в первоначальном (действующем макетном) исполнении всего за два года и затем за год усовершенствована до варианта, уже введенного в регулярную эксплуатацию согласно правительственному постановлению. Столь короткие сроки создания ЭВМ — этого совершенно нового вида техники — оказались возможными благодаря ряду уже упомянутых факторов и в первую очередь тому, что к моменту начала коллективной разработки машины общие принципы построения электронных вычислительных машин (в то время называемых счетными) были разработаны самим Сергеем Алексеевичем. И хотя он в отчете датирует эту разработку

октябрем—декабрем 1948 г., можно с уверенностью предположить, что в это время происходило, главным образом, документальное оформление идей построения ЭВМ, задолго до этого им вынашиваемых. Общие принципы построения ЭВМ, изобретенные и сформулированные С. А. Лебедевым, полностью перекрывают так называемые принципы фон Неймана, которые к тому времени не были известны в Советском Союзе. Характерно, что в принципах С.А. Лебедева усматриваются и истоки последующего развития ЭВМ, как, например, централизованно-децентрализованное управление в машинах. Ввиду предмета изложения, в подробном рассмотрении этих фундаментальных принципов здесь нет нужды, но полагаю справедливым заметить, что они изобретались независимо друг от друга и другими инициаторами создания и творцами первых ЭВМ в Союзе (В первую очередь следует назвать И.С. Брука, Б.И. Рамеева, Ю.Я. Базилевского как возглавлявших другие первые разработки ЭВМ). Но именно Сергею Алексеевичу принадлежит здесь приоритет — он первым реализовал эти принципы (описаны в монографии «Быстродействующая электронная счетная машина Академии наук СССР»). И совершенно справедливо С. А. Лебедев именуется патриархом отечественной вычислительной техники. Вспомним, что МЭСМ оказалась и первой ЭВМ во всей континентальной Европе.

На основе общих фундаментальных принципов построения ЭВМ Сергеем Алексеевичем были конкретизированы технические требования к МЭСМ и в начале 1949 г. определены направления разработки ее отдельных элементов и функциональных узлов. Эта работа осуществлялась в контакте с представителями Институты математики и физики АН УССР путем проведения совместных семинаров. Работа, как говорится, закипела. Ее определяющей чертой было стремление по возможности запараллелить стадии создания машины. То есть не было разделения в масштабе всей машины этапов ее проектирования и реализации. Получаемые в ходе разработки решения по элементной базе и функциональным узлам сразу же оформлялись соответствующими чертежами и поступали на монтаж; и затем на отладку, в ходе которой бывало и возникали необходимые коррективы. И, конечно, темпы этого процесса в значительной степени обеспечил тот большой задел структурных схем, который выполнил лично Сергей Алексеевич, и которые оставалось лишь детализировать и преобразовать в принципиальные и монтажные схемы. В изготовлении плат по этим схемам участвовали не только техники-монтажники, но и сами инженеры. Параллельно шло проектирование, конструирование и изготовление машины в целом — ее каркаса, блоков, устройств, межблочных соединений и пульта управления. После отладки блоков на каркасе и их групп во взаимодействии была проведена в августе-октябре 1950 г. комплексная отладка всей машины с пульта. Во всех этих отладках, в особенности в последней, самое деятельное участие принимал сам Сергей Алексеевич.

И вот наступил торжественный момент — 6 ноября 1950 г. — первый пробный пуск машины в ее макетном исполнении. Машина работает! Решает тестовые задачи. Всеобщая радость. Все знали, что ОНА заработает. Функциональные узлы и взаимодействие между ними неоднократно проверялись. Но когда все заработало вместе для решения задач, то это впервые увиденное явление показалось чудом. И в духе традиций того времени это чудо было оформлено как выполнение социалистического обязательства к официальному празднику. И это был действительно для всего коллектива лаборатории большой праздник, после которого опять пошли напряженные рабочие будни по нелегкой работе — превращения действующего макета в малую ЭВМ, предназначенную для регулярной эксплуатации.

В процессе этого превращения была увеличена емкость запоминающего устройства, введены системы постоянно используемых чисел и команд, операции преобразования команд и действий с подпрограммами, усовершенствованы системы ввода

исходных данных и вывода результатов, приняты меры по повышению надежности и т.д.

Эта работа продолжалась год, и 25 декабря 1951 г. состоялся официальный пуск машины в эксплуатацию для решения уже пользовательских задач по заказам. Этому акту предшествовало потрясающее событие — экзамен, учиненный машине Комиссией знаменитых математиков, возглавляемой М. В. Келдышем (М.А. Лаврентьев, А.Г. Курош, К. А. Семендяев, С. Л. Соболев). Испытания МЭСМ выдержала с честью. Радость была невероятная и у Комиссии тоже — ведь первая, пока еще единственная машина! Пуску ее в эксплуатацию были посвящены доклады Сергея Алексеевича на президиумах академий наук — сначала СССР и затем УССР.

Вот так и началась эксплуатация МЭСМ, причем, чем далее, тем все более интенсивная. И в этой первоначальной эксплуатации Сергей Алексеевич принимал весьма активное участие. В ее организационном повседневном обеспечении выдающаяся роль принадлежала Льву Наумовичу Дашевскому, заместителю Сергея Алексеевича по лаборатории. Началось форменное паломничество математиков в Феофанию — от корифеев до талантливых начинающих. Конечно, в процессе эксплуатации машины развивались и осваивались методы программирования. Но, наряду с эксплуатацией, машина еще подвергалась некоторым усовершенствованиям (ведь первая!), необходимость которых вытекала из накапливаемого опыта работы на ней — так было увеличено число разрядов и введена система магнитного запоминания, в разработке которой участвовала группа Института физики АН УССР. После окончания этих работ возможности машины существенно увеличились, что способствовало постановкам на ней все более и более сложных задач. Из них особо следует отметить чрезвычайно важные расчеты, проведенные в течение 9 месяцев, начиная с ноября 1952 г., группой математиков из Отделения прикладной математики Математического института АН СССР (руководитель Отделения — М. В. Келдыш), возглавляемой А.А. Ляпуновым. И в этом случае, кстати, весьма пригодились жилые помещения лаборатории. Они облегчили организацию напряженной интенсивной работы по выполнению этих расчетов, которые кроме как на МЭСМ в то время проводить было негде. Эта группа А.А. Ляпунова ввиду характера и длительности ее работы, а также специфики эксплуатации машины в своей деятельности органически сопряглась с коллективом разработчиков МЭСМ, который почти весь был задействован в качестве эксплуатационного персонала машины. Столь успешная эксплуатация МЭСМ по выполнению этих важнейших расчетов А.А. Ляпунова была ознаменована официальной благодарностью М.В. Келдыша сотрудникам феофанской лаборатории, включая и их руководителя Л.Н. Дашевского.

Итак, эпопея создания МЭСМ завершилась, и ее блестящий успех был всецело проявлен в пользовательской эксплуатации машины. Учитывая трудности в этом свершении, его вполне можно считать подвигом самого Сергея Алексеевича и коллектива создателей машины, весьма немногочисленного (12 разработчиков и 5 техников-монтажников). В связи с этим хочется назвать тех основных, особо активно работавших с Сергеем Алексеевичем разработчиков МЭСМ, которые обрабатывали его исходные схемы и с которыми он работал непосредственно за осциллографом, частенько и с паяльником в руках. Это отмеченные благодарностью Президиума АН УССР — Л.Н. Дашевский, Е.А. Шкабара, С.Б. Погребинский, И.П. Окулова, З.С. Рапота, А.Л. Гладыш (этой же благодарностью были отмечены и конструктор каркаса и пульта МЭСМ В.В. Крайницкий, разработчик магнитной записи Р. Г. Оффенген, а также основные техники и монтажники). К указанной группе разработчиков следует причислить и И.М. Лисовского, который, однако, еще до окончания работ по МЭСМ перешел на службу в военное ведомство. Не могу умолчать и о М. М. Пиневице, очень результативном разработчике, с которым также непосредственно работал Сергей Алексеевич. Но М.М. Пиневице вместе еще с четырьмя другими способными

разработчиками был по требованию вышестоящих «компетентных» органов изъят из состава лаборатории ввиду особой ее тематической и режимной направленности. Характерно, что в числе этих сотрудников было двое участников Великой Отечественной войны (причем — боевых действий), награжденных орденами и медалями. В общем-то, если не считать очень болезненного морального урона, означенные сотрудники не пострадали, так как сразу же были трудоустроены по специальности, но лаборатории был, конечно, нанесен урон, который даже Сергей Алексеевич не смог предотвратить ввиду обстановки того времени. Очень мне не хотелось обо всем этом писать, что было, то было, но сказать о таком факте — дабы он не канул в бездну, я посчитал необходимым, тем более, что о нем в публикациях никто не вспоминал (по-видимому, из-за его неизвестности авторам публикаций). Думаю все же, что эта ложка дегтя мед в бочке не испортила.

И скажу еще об одном неприятном обстоятельстве. Вызывает недоумение то, что работа по созданию МЭСМ, будучи представленной на Сталинскую премию в лице ее главных авторов С.А. Лебедева, Л.Н. Дашевского и Е.А. Шкабары, премию не получила. В этом факте, пожалуй, сказалось недопонимание значения цифровой вычислительной техники со стороны правительственных инстанций и даже тогдашнего руководства Академией наук УССР, в котором, как и вообще в Киеве, уже не было Михаила Алексеевича Лаврентьева, столь много сделавшего для развертывания работ по созданию МЭСМ и БЭСМ. Но, как говорится, пережили. Машина была, хорошо работала и находилась в ореоле славы и острого интереса к ней, и это доставляло ее создателям огромную радость.

Но не только в эксплуатации машины состояла ее уже реально приносимая польза. Дело в том, что по своему назначению МЭСМ рассматривалась как действующий макет БЭСМ. Хоть она и была первой машиной и обладала небольшой скоростью вычислений (всего 50 оп./с), в ее архитектуре были заложены принципиальные, ставшие классическими решения, которые впоследствии, будучи соответственно развитыми, находились в основе быстродействующих (однопроцессорных) ЭВМ. Малое же быстродействие МЭСМ было, главным образом, следствием недостаточности быстродействия ее элементного базиса, построенного исключительно на электронных лампах, а также количественных (но не качественных) структурных характеристик машины. И тут, естественно, возникает вопрос — не эффективнее ли было бы сразу же создавать БЭСМ? Аналитические размышления на этот счет категорически убеждают, что Сергей Алексеевич нашел мудрое, единственно правильное решение. Создание МЭСМ должно было предварять дальнейшую его деятельность по развитию ЭВМ, которая, как можно непреложно полагать, им уже была задумана и даже глубоко продумана. Причем на эти его намерения, как известно, оказал существенное влияние Михаил Алексеевич Лаврентьев. Такое решение Сергея Алексеевича позволило создать в кратчайшие сроки первую ЭВМ с использованием для этого крайне малых имеющихся в наличии ресурсов, как кадровых, так и технических и финансовых, и сразу же использовать эту ЭВМ для выполнения важнейших расчетов. И создание МЭСМ никак не отодвинуло во времени, а наоборот, даже, по-видимому, ускорило создание БЭСМ, благодаря накапливаемому опыту в процессе создания МЭСМ и ее освоения в практическом использовании. В этом смысле знаменательно сотрудничество между ИТМ и ВТ и лабораторией С. А. Лебедева (она именно так и называлась) Института электротехники. Часть новых сотрудников этой лаборатории официально находилась в штате ИТМ и ВТ. Наиболее опытные ее разработчики временно привлекались к отладке блоков БЭСМ — в то время, когда МЭСМ уже работала в режиме регулярной эксплуатации. И в ней в свою очередь участвовали и программисты из ИТМ и ВТ, решая конкретные задачи и приобретая опыт эксплуатации ЭВМ еще до того, как заработала БЭСМ. Такой симбиоз МЭСМ-БЭСМ был в высшей степени эффективен. Но, конечно, его эффективность обеспечивалась благодаря руководству

Сергея Алексеевича обоими лабораториями, выполнявшими эти фундаментальные разработки. Правда, Сергею Алексеевичу такое руководство обходилось нелегко — из-за необходимости постоянного курсирования между Киевом и Москвой в течение двух лет, начиная с середины 1950 г. и вплоть до окончательного переезда с семьей в Москву и назначения директором ИТМ и ВТ.

Но и в этих переездах Сергей Алексеевич времени никак не терял. Я помню, как он, будучи первым оппонентом докторской диссертации Бориса Евгеньевича Патона, таскал ее текст с собой и в ответ на мой вопрос — нравится ли ему эта работа — сказал, что диссертация хорошая, но только очень тяжелая и, увидев недоумение на моем лице, добавил, что тяжелая по весу — трудно возить. Попутно замечу, что Б. Е. Патон всегда очень интересовался работами лаборатории Сергея Алексеевича (он еще был оппонентом моей кандидатской диссертации по установке полунатурного моделирования), часто в ней бывал и, даже став Президентом АН УССР (теперь Национальной академии наук Украины), все время активно поддерживал (и поддерживает сейчас) развитие работ в области кибернетики, информатики и вычислительной техники.

Таким образом, комплекс работ «МЭСМ-БЭСМ», возглавляемый С.А. Лебедевым, целиком и полностью себя оправдал и в результате их выполнения появилась первая в СССР и континентальной Европе ЭВМ МЭСМ и наиболее совершенная в Союзе и уже в полной Европе ЭВМ «БЭСМ». Эта машина получила продолжение и блестящее развитие в последующих разработках быстродействующих ЭВМ ИТМ и ВТ — вплоть до шедевра БЭСМ-6. Разработка многопроцессорной суперЭВМ «Эльбрус», начатая еще под руководством Сергея Алексеевича, основывалась на концепции аппаратной интерпретации языков высокого уровня, как внутренних языков ЭВМ, инициированной киевским Институтом кибернетики при создании ЭВМ серии «МИР». Это, кстати, является знаменательным примером эффективного научного общения двух институтов — имени С.А. Лебедева и имени В.М. Глушкова (оба ученых удостоены высоко почетных званий «пионеров вычислительной техники», но, к величайшему сожалению, посмертно). «Наши институты — единомышленники» — как то на совещании во время обсуждения острого спорного вопроса воскликнул В. С. Бурцев, в то время уже директор ИТМ и ВТ. Так оно есть и сейчас. И это очень приятно.

Таким образом, МЭСМ Сергея Алексеевича явилась первой машиной в его оригинальной отечественной линии ЭВМ, которая в отличие от некоторых других отечественных линий универсальных ЭВМ, переориентированных на следование зарубежным сериям, не оборвалась и продолжает успешно развиваться и сейчас.

Приведенными двумя разработками никак не ограничивалась научная деятельность Сергея Алексеевича в его лаборатории. Несмотря на крайнюю занятость непосредственной работой, он инициировал и направлял работы по совершенствованию элементной базы ЭВМ, с целью радикального уменьшения количества электронных ламп за счет использования ферритов и полупроводниковых диодов (полное избавление от ламп тогда еще не было возможным), а также по разработке последовательных устройств обработки информации, менее производительных, но требующих во много раз меньших аппаратных затрат, чем обладающие такими же функциями параллельные устройства. Эти разработки имели и самостоятельное значение, в основном послужили заделом для развертывания дальнейших крупных работ лаборатории по созданию еще двух ламповых ЭВМ (но уже с сильно ограниченным их количеством) — специализированной электронной счетной машины СЭСМ и универсальной машины «Киев». Первая работа была начата еще в лаборатории Сергея Алексеевича (в то время уже совмещавшего руководство ею с работой в ИТМ и ВТ) и поручена мне, как ответственному исполнителю (в современном представлении — главному конструктору), окончена же она была, когда лаборатория была уже передана в Институт математики, под руководство его директора академика Б. В. Гнеденко.

Вторая работа начата была уже в этой лаборатории (главным конструктором являлся Л. Н. Дашевский), а окончена в учрежденном на ее базе Вычислительном центре АН Украины (позднее преобразованном в Институт кибернетики АН УССР — директор В.М. Глушков).

Приведенные факты характеризуют преимущество в эволюции лаборатории, организованной Сергеем Алексеевичем, но далее будет рассказано только о периоде, относящемся непосредственно к его творческой деятельности. В то время, почти полвека назад, вопрос эффективного использования универсальных ЭВМ был довольно острым. Использование ЭВМ оказывалось нерациональным в условиях наличного тогда разделения режимов ввода информации и ее обработки для задач, основанных на матрично-векторных вычислениях, ввиду неблагоприятного соотношения между затратами времени на эти режимы. И вот Сергеем Алексеевичем была выдвинута идея построения специализированной ЭВМ для решения систем линейных алгебраических уравнений итерационными методами, которая бы выполняла матрично-векторные операции одновременно с вводом в машину коэффициентов при неизвестных. Она, по-видимому, была первой отечественной ЭВМ с совмещением во времени ввода и расчетов. При этом оказалось возможным применение целиком последовательного арифметического устройства. Синхронизация ввода и расчетов осуществлялась от устройства ввода, элементарный цикл которого был гарантированно более длительным, чем элементарный цикл расчетов. Столь рациональный главный принцип структуры машины СЭСМ (одновременность ввода и расчетов и последовательная арифметика), предложенный Сергеем Алексеевичем, сократил аппаратные затраты, чему еще способствовала реализация логических элементов преимущественно на ферритных трансформаторах и полупроводниковых диодах. Это обстоятельство — малые аппаратные затраты (всего 700 электронных ламп) — специально акцентировалось в статье в американском журнале (насколько помню в «Datamation»), весьма похвально отзывавшемся о машине СЭСМ, которая уже не засекречивалась. Характерно, что интерес в США к этой машине был проявлен не только в публикации упомянутой статьи, но и в том, что монография «Специализированная электронная счетная машина СЭСМ» (З.Л. Рабинович, Ю.В. Благовещенская, Р. Я. Черняк и др.) была переиздана в США на английском языке и, по-видимому, явилась одной из первых книг по отечественной вычислительной технике, опубликованных за рубежом.

СЭСМ была выполнена на передовом для того времени конструктивном уровне (мелко-блочный принцип, пульт управления и детализированного контроля, встроенный в каркас машины, относительно небольшие габариты и т. п.). Ее эксплуатация была исключительно простой — поскольку кодового программирования не требовалось, а соответствующие режимы работы машины управлялись встроенными программами и устанавливались пакетным переключателем. При этом назначение машины было расширено, и она использовалась не только для решения систем линейных алгебраических уравнений, но и для подсчетов корреляционных функций, а также для других задач, основанных на матрично-векторных операциях. Таким образом, СЭСМ содержала в своей структуре матрично-векторный процессор — устройство, введенное в практику построения ЭВМ несколько позднее.

Особо я хочу подчеркнуть, что СЭСМ безусловно является второй ЭВМ, разработанной именно в лаборатории С. А. Лебедева и по его идеям. Но Сергей Алексеевич как-то не считал СЭСМ своей машиной (хотя она ему нравилась). В этом сказались большая его скромность, даже щепетильность — он своими машинами, насколько я себе представляю, считал только те, в построении которых принимал участие как непосредственный разработчик.

И все же рассказ о научной деятельности Сергея Алексеевича в Киеве был бы неполным, если не вспомнить еще о чисто научных результатах работы лаборатории,

представленных публикациями и защищенными диссертациями. Этих диссертаций было 5 (немало для относительно небольшого инженерного коллектива). Первые две — моя и Н. П. Похило (аспиранта из Одесского политехнического института) были сделаны под непосредственным руководством Сергея Алексеевича и защищены еще в бытность его в Киеве. О своей работе я уже упоминал. Вторая — представляла собой тщательное, и если так можно выразиться, изящно оформленное исследование триггеров, что особенно понравилось Сергею Алексеевичу. Следующие две работы — Р.Я. Черняка и аспиранта А.И. Кондалева, посвященные только зародившемуся научному направлению — преобразованию форм информации, руководителем которых был Сергей Алексеевич, были окончены и защищались уже после его переезда в Москву. К этому времени относится и защита Б.Н. Малиновским диссертации, посвященной замене ламповых элементов ферритными, к работе над которой Сергей Алексеевич, будучи ее официальным оппонентом, проявил большой интерес и внимание (Б. Н. Малиновский работал в другой лаборатории, но тема его диссертации была предложена Сергеем Алексеевичем).

Помимо подготовки диссертаций был также осуществлен ряд публикаций в закрытых и открытых изданиях, из которых особо большое значение имела закрытая монография С.А. Лебедева, Л.Н. Дашевского, Е.А. Шкабары «Малая электронная счетная машина МЭСМ», явившаяся одной из самых первых книг по вычислительной технике. Таким образом, сотрудники лаборатории трудились не только над чертежными досками и у осциллографов со щупами, а также паяльниками в руках, но и над листами писчей бумаги.

После того как Сергей Алексеевич окончательно отбыл в Москву, еще имели место его эпизодические связи со своей, но теперь уже бывшей, лабораторией и затем с организациями, первоначальным зародышем которых она была. Каждый из таких контактов оказывался весьма знаменательным. Остановлюсь на некоторых из них. Так, кажется в 1954 г., в разгар работы по созданию СЭСМ, математик Ю.В. Благовещенский и я приехали к Сергею Алексеевичу, были им и Алисой Григорьевной очень хорошо приняты — на даче, с катанием на лодке, во время которого получили исчерпывающую консультацию по вопросам доводки этой машины и методики ее эксплуатации, за чем собственно и приезжали.

Далее, когда уже в Институте кибернетики возникли фундаментальные идеи построения новых архитектур ЭВМ, которые предусматривали реализацию языков высокого уровня методами аппаратной интерпретации, в 1963 г. было организовано в Ужгороде неширокое совещание типа симпозиума по этой проблеме, которая в то время имела «революционный», а значит, и спорный характер. Главными активными участниками этого совещания были представители Института кибернетики и ИТМ и ВТ. Присутствовали сами директора этих институтов — В.М. Глушков и С.А. Лебедев, а также представитель руководства Министерства радиопромышленности СССР М. К. Сулим. Тщательное обсуждение этой проблемы показало ее перспективность и Сергей Алексеевич рекомендовал Институту кибернетики продолжить данные исследования и переводить их в русло практических реализаций. Это и было осуществлено в Институте кибернетики и, кажется, года через два был проведен недалеко от Еревана новый, уже более широкий форум по данной проблеме, на котором уже С.Б. Погребинским и мной докладывались первые полученные реальные результаты и перспективы их дальнейшего развития. На этом форуме команду ИТМ и ВТ возглавил В. С. Бурцев, а команду Института кибернетики — В.М. Глушков, и позднее, по его отбытии, А.А. Стогний. Как мне представляется, судя по активной поддержке В.С. Бурцевым доложенных результатов, после этого симпозиума и развернулись в ИТМ и ВТ глубокие исследования по реализации языков высокого уровня в высокопроизводительных машинах, приведшие к одному из главных отличительных факторов архитектуры Эльбруса.

Из деловых встреч с Сергеем Алексеевичем вне Киева мне также особенно запечатлелся в памяти Ученый совет в Министерстве радиопромышленности, специально проведенный для обсуждения проекта высокопроизводительной ЭВМ «Украина», реализующей расширенный Алгол-60 в качестве внутреннего языка. Научным руководителем проекта был В. М. Глушков, а я, как главный конструктор, докладывал на этом совете. На нем присутствовали помимо В. М. Глушкова академики С. А. Лебедев и А. А. Дородницын, директора институтов, главные конструкторы и специалисты по математическому обеспечению и т. п. Обсуждение было очень бурным и эмоциональным. Эффективное решение проблемы реализации языков высокого уровня (ЯВУ) в высокопроизводительных ЭВМ для многих тогда казалось недостижимым и даже не столь уж нужным. Были такие моменты, когда академики вскакивали с мест и перебивали друг друга. Я, откровенно говоря, получал удовольствие от этой дискуссии по своему докладу, но в ней занял пассивную позицию, за что и получил упрек от Виктора Михайловича. А.А. Дородницын всецело поддерживал этот проект (также и И.А. Данильченко и некоторые другие), а главным, причем даже довольно резко критикующим, был сам Сергей Алексеевич. Но когда страсти улеглись и обсуждение перешло в спокойное русло, то была, в конце концов, выработана даже не обтекаемая, как следовало в этом случае ожидать, а вполне положительная резолюция, рекомендующая данный путь развития ЭВМ. Когда кончился Совет, Сергей Алексеевич пригласил Виктора Михайловича и меня в свою машину и по дороге объяснил, что в целом его позиция заключается как раз в одобрении доложенного пути развития архитектур и возражения относятся только к нашему выбору ориентации именно на Алгол-60 в таком развитии. Более того, Сергей Алексеевич тут же давал советы, каким образом ускорить практическую реализацию проекта «Украина».

Этот последний эпизод из упоминаемых мною (Ученый совет в МРП) был уже воспроизведен с моих слов в замечательной книге Бориса Николаевича Малиновского «История вычислительной техники в лицах», но я посчитал не лишним привести его в этих воспоминаниях в качестве еще одного положительного штриха в образ Сергея Алексеевича. Мне особенно приятно здесь еще рассказать, что Сергеем Алексеевичем было выражено сугубо положительное отношение к «языковому» развитию архитектур ЭВМ в его отзыве на представленный мной доклад по совокупности работ в качестве докторской диссертации (хотя об этом уже упоминалось в указанной книге). Интересно, что такое отношение было Сергеем Алексеевичем высказано даже в научно-популярной статье в «Известиях», посвященной перспективам развития ЭВМ. То есть он такому развитию придавал большое значение. Но все же Сергей Алексеевич подходил к нему с некоторым предубеждением, если оно относилось к сверхвысокопроизводительным ЭВМ (СуперЭВМ). И его определенная эволюция в данном вопросе, сказавшаяся в том, что внутренний язык «Эльбруса» был все же сориентирован на ЯВУ, и даже именно на АЛГОЛ (но 68-й), была, как я предполагаю, результатом обсуждения проблемы реализации ЯВУ с В.С. Бурцевым и Б.А. Баба-яном. Ну что ж, Сергей Алексеевич прислушивался к мнениям своих сотрудников и это, безусловно, положительная его черта.

Вот такой был Сергей Алексеевич. И в заключение хочу напомнить еще один эпизод встречи с Сергеем Алексеевичем уже в Киеве. Он как-то сюда приехал по приглашению Президента АН УССР Бориса Евгеньевича Патона и побывал в нескольких Институтах, в том числе, разумеется, и в Институте кибернетики. После осмотра Института, который ему — говорю совершенно ответственно — весьма понравился, мы съездили в Феофанию. И там на берегу озера Сергей Алексеевич с увлажнившимися, как мне показалось, глазами широким жестом обвел вокруг рукой, приотпнул ногой и сказал: «Вот здесь мы ЭТО все начинали».

## **Сергей Алексеевич Лебедев. Создатель первой в континентальной Европе и в Советском Союзе цифровой электронной вычислительной машины (МЭСМ)**

*И.М. Лисовский*

До создания макета электронной счетной машины (МЭСМ) в г. Киеве осенью 1950 г. Сергей Алексеевич Лебедев был уже известным ученым, академиком АН УССР, Лауреатом Сталинской премии.

Его научная деятельность началась в студенческие годы в МВТУ им. Н. Э. Баумана, где читали лекции ученые с мировым именем. В дипломном проекте, выполненном под руководством выдающегося ученого, основателя Всесоюзного электротехнического института им. В.И. Ленина (ВЭИ) К.А. Круга, Сергей Алексеевич разработал новую в то время проблему устойчивости параллельной работы электростанций.

В апреле 1928 г. С.А. Лебедев получил диплом инженера-электрика и стал преподавателем МВТУ им. Н.Э. Баумана. В этом же году он был зачислен младшим научным сотрудником ВЭИ, где вскоре возглавил группу, а затем и лабораторию электрических сетей.

В 1931 г. завершалось сооружение 30 районных электростанций по плану ГОЭЛРО, которым предусматривалось создание единой энергосистемы европейской части СССР и соединение ее в дальнейшем с энергосистемами Сибири и других районов.

В апреле 1931 г. на Всесоюзной конференции по электропередаче больших мощностей на дальние расстояния токами сверхвысоких напряжений С.А. Лебедев выступил с одним из основных докладов на тему «Устойчивость параллельной работы крупных электрических станций», который был опубликован в журнале «Электричество». Необходимо отметить, что значение проблемы устойчивости при передаче энергии на большие расстояния очень велико. Можно утверждать, что устойчивость систем является основным фактором, ограничивающим дальность передачи энергии переменным током.

В других публикациях этого периода Сергей Алексеевич излагал теорию статической и динамической устойчивости многомашинных энергосистем при больших возмущениях и переходных процессах, а также методики инженерных расчетов устойчивости и способы ее повышения. Особо следует отметить большую статью, написанную совместно с А. И. Колпаковой, — «Кустование электрических станций и создание Единой высоковольтной сети», которая вошла в коллективный многотомный труд «Генеральный план электрификации СССР».

В монографии «Устойчивость параллельной работы электрических систем», написанной в соавторстве с П.С. Ждановым, излагались теория, методы расчета и способы повышения устойчивости энергосистем. В то время не было работы в мировой научной литературе, так полно освещавшей проблему устойчивости энергосистем. Во втором издании в монографии уделялось большее внимание методике расчетов динамической устойчивости и были значительно расширены главы книги, посвященные сложной теории переходных процессов в синхронных машинах. На протяжении многих лет эта книга широко использовалась в научно-исследовательских, проектных, производственных организациях, а также в качестве учебного пособия для вузов.

Решением Высшей Аттестационной Комиссии от 23 октября 1935 г. (протокол № 34/100) гражданин Лебедев Сергей Алексеевич утвержден в ученом звании профессора по кафедре «Электрические станции и сети».

Профессор С.А. Лебедев продолжает преподавать в МЭИ и заниматься исследованиями в ВЭИ, в котором была достаточно мощная производственная база, позволявшая довольно быстро результаты исследований внедрять в практику. Под его руководством и при непосредственном участии в ВЭИ были разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию в тресте «Теплоэлектропроект» (Москва) и энергосистеме «Уралэнерго» (Свердловск) модели оригинальной конструкции и с высокой степенью автоматизации расчетов, которые рассмотрены в статье С.А. Лебедева «Модель сетей переменного тока системы ВЭИ». Это направление моделирования широко развивалось в СССР и за рубежом вплоть до появления цифровых электронных вычислительных машин.

Фундаментальное исследование С.А. Лебедева по обоснованию возможности искусственной устойчивости электропередач и энергосистем на основе новых электронных автоматических регуляторов напряжения представляло особый научный и практический интерес. Эта работа составила содержание его докторской диссертации, которую он защитил в 1939 г.

Работая с моделями электрической системы переменного тока и электронными регуляторами напряжения, Сергей Алексеевич все чаще останавливается на изучении возможностей ламповых схем с двумя устойчивыми состояниями. В 1939 г. он предлагает молодому сотруднику лаборатории магнитной дефектоскопии Секции электросвязи АН СССР, перед которой стояла задача обнаружения дефектов в сварных швах железнодорожных рельсов, использовать счетчик импульсов на электронной схеме с двумя устойчивыми состояниями. Этот молодой сотрудник, Анатолий Владимирович Нетушил, успешно справился с задачей и защитил кандидатскую диссертацию на тему «Анализ триггерных элементов быстродействующих счетчиков импульсов», оппонентом по которой был С.А. Лебедев.

Возраставший интерес к электронным триграммам и двоичной системе счисления подтверждает рассказ жены Сергея Алексеевича Алисы Григорьевны Лебедевой, как в первые дни войны по вечерам, когда Москва погружалась в темноту, Сергей Алексеевич уходил в ванную комнату и там при свете газовой горелки писал непонятные ей единицы и нолики. Со временем электронные триггеры и двоичная система счисления станут основой вычислительной техники.

Если бы не война, работу над созданием цифровой электронной вычислительной машины с использованием двоичной системы счисления Сергей Алексеевич начал бы раньше, об этом впоследствии он говорил сам. Война изменила направленность научной и исследовательской деятельности Сергея Алексеевича и поставила перед ним в конце 1941 г. задачи оборонной тематики.

В октябре 1941 г. вместе с ВЭИ Сергей Алексеевич эвакуировался в Свердловск. Здесь он в удивительно короткие сроки разработал быстро принятую на вооружение Красной Армии систему стабилизации танкового орудия, которая позволяла наводить и стрелять без остановки танка, что сделало танк менее уязвимым.

Второй крупной работой в Свердловске было создание летательного аппарата (торпеды) с головкой самонаведения (совместно с доктором технических наук Д.В. Свечарником). Продувка моделей торпеды производилась в г. Жуковском в 1944 г., когда ВЭИ вернулся в Москву. Натурные испытания торпеды состоялись в 1945—1946 гг. на Черном море. В октябре 1946 г. в Евпатории торпеда прямым попаданием поразила баржу. Оценки комиссии были самыми высокими. Началось создание сверхточного оружия, которое появилось в США значительно позже.

Для систем стабилизации танковой пушки и автоматического устройства самонаведения на цель авиационной торпеды оборонной промышленностью были разработаны и изготовлены аналоговые вычислительные элементы. На них Сергей Алексеевич в 1945 г. создал первую в Советском Союзе электронную аналоговую вычислительную

машину для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, которые часто встречаются в задачах, связанных с энергетикой.

С начала 40-х годов в области конструирования технических систем значительно увеличился объем и сложность математических и логических задач, которые необходимо было решать в максимально короткое время в соответствии с возросшими требованиями оборонной промышленности и в целом народного хозяйства. С использованием аналоговой техники это становилось невозможным.

Нужны были новые подходы, новые идеи. Они овладевали С.А. Лебедевым с начала 40-х, но реализовываться стали значительно позже.

В 1945 г. президент Академии наук Украины академик А.А. Богомолец предложил С.А. Лебедеву баллотироваться в академики и занять должность директора Института энергетики АН Украины с условием переезда в г. Киев. Вероятнее всего кандидатуру Сергея Алексеевича предложил академику А.А. Богомольцу близкий к нему Л.В. Цукерник, который хорошо знал научные труды С. А. Лебедева, работал с ним в ВЭИ и в то время был директором Института энергетики АН УССР. (Позже он дарил С.А. Лебедеву свои публикации в области устойчивости энергосистем, сопровождая их, например, такими надписями: «Моему замечательному учителю и вдохновителю, дорогому Сергею Алексеевичу Лебедеву — на добрую память. Л. Цукерник»).

В феврале 1945 г. Академия наук Украины избрала С.А. Лебедева академиком. В 1946 г. семья Лебедевых переехала в г. Киев. Сергей Алексеевич стал директором Института электротехники, вторая половина Института энергетики стала называться Институтутом теплоэнергетики. Сергей Алексеевич к существующим лабораториям электротехнического профиля добавляет лабораторию моделирования и регулирования, продолжая совместно с лабораторией Л.В. Цукерника работы по исследованию в области технических средств стабилизации энергосистем и устройств автоматики.

За разработку и внедрение устройства компаундирования генераторов электростанций для повышения устойчивости энергосистем и улучшения работы электростанций С. А. Лебедеву и Л.В. Цукернику в 1950 г. была присуждена Сталинская премия. Что стало толчком к началу практических шагов по развертыванию работ в совершенно новом направлении науки и техники? Вероятнее всего, завершение обдумывания идеи, исключительная эрудированность, предыдущий опыт и научное бесстрашие Сергея Алексеевича.

К концу 1947 г. идея облачилась в четкие формы структурной схемы цифровой вычислительной машины, основных электронных схем, выбора элементной базы, временных диаграмм, представления чисел, количества двоичных разрядов, системы команд и состава операций. Сергею Алексеевичу уже было чем делиться с научной общественностью.

В январе-марте 1948 г. он собирает на семинаре в Институте электротехники АН УССР видных ученых — академиков М.А. Лаврентьева, А.А. Дородницына, Б. В. Гнеденко, А. Ю. Ишлинского, чл. корр. АН Украины А. А. Харкевича, других математиков и физиков научно-исследовательских институтов, где ставит на обсуждение результаты своей многолетней изыскательской деятельности.

На семинаре обсудили состав и характер задач, структурную схему вычислительной машины и ее характеристики, выбрали форму представления числа с фиксированной запятой перед старшим разрядом, что существенно сокращало сроки разработки, приняли решение строить машину на 17 двоичных разрядах, включая разряд для знака числа, и необходимость предусмотреть в конструкции возможность добавления нескольких разрядов. Трехадресная система команд была принята почти без обсуждения. Команда, которую нужно выполнить, должна состоять из кода операции (сложить, вычесть, умножить, разделить, сложить и вычесть модули числа, т.е. без учета их знака, сравнить, сдвинуть и др. — всего 13 различных операций),

кода адреса в запоминающем устройстве (ЗУ) первого числа (слагаемого, множимого, делимого...), второго числа (второго слагаемого, множителя, делителя...), а также кода адреса ячейки ЗУ, куда необходимо направить результат вычисления. Электроника должна была обеспечить быстрое действие 50-100 операций в секунду, а программное управление — автоматизацию счета. Причем программу можно было усложнять, добиваясь максимального упрощения электронных схем.

Идея начала овладевать массами. История показывает, что новые идеи, которые изменяют мир, выдвигаются одиночками, а затем уже приходят организаторы науки, коллективы, предприятия, армия чиновников и потребителей.

Результаты своих изысканий и обсуждений на семинаре С. А. Лебедев, по рекомендации вице-президента Академии наук Украины М. А. Лаврентьева, доложил Президиуму АН УССР и начальнику отдела ЦК Компартии Украины. Вскоре последовало решение: «Институту электротехники АН УССР в самые короткие сроки разработать и сдать в эксплуатацию цифровую вычислительную машину», для создания которой было выделено полуразрушенное здание в поселке Феофания (в 15 километрах от Киева).

Сергей Алексеевич в середине 1949 г. сформировал из сотрудников Института электротехники коллектив для работы в Феофании. Двум «остепененным» товарищам: заместителю заведующего лабораторией и секретарю партийной группы лаборатории были поручены организационные заботы — обеспечение материалами и комплектующими изделиями, организация социалистического соревнования и прочее.

Молодые специалисты: Л.А. Абалышникова, М.А. Беляев, Е.Б. Ботвиновская, А.Л. Гладыш, А.А. Дашевская, Е.Е. Дедешко, В.А. Заика, А.И. Кондалев, В.В. Крайницкий, И.М. Лисовский, Н.А. Михайленко, Ю. С. Мозыра, И. П. Окулова, И.Т. Пархоменко, Т.И. Пецух, М.М. Пиневиц, С. Б. Погребинский, З.Л. Рабинович, З. С. Рапота, А. Г. Семеновский, Н.И. Фурман, Р. Я. Черняк образовали группы по названиям устройств. Арифметическую группу возглавил М. М. Пиневиц, центрального управления — А. Л. Гладыш, электронного запоминания — С. Б. Погребинский (с марта 1950 г. — И.М. Лисовский), электриков — М.А. Беляев, конструкторскую — В.В. Крайницкий, аспирантов — З.Л. Рабинович

Настал день и на прикомандированном автобусе мы едем, большей частью по булыжной дороге, смотреть новое место работы. Слева — лес, справа — поле. Въехали в прекрасный лес, изрытый заросшими травой воронками, оставшимися после войны. Посреди леса — монастырь, к нему ведет липовая аллея, рядом монастырские постройки, сад, озеро. Предложенное нам двухэтажное полуразрушенное здание находилось рядом с монастырем. Начали его восстанавливать, оборудовали помещения, спортивную площадку.

Физическую работу сочетали с умственной — начали исполнительскую работу по реализации идеи, мечты Сергея Алексеевича Лебедева. Имея единственное печатное пособие — Г. Дж. Рейх «Теория и применения электронных приборов», приступили к исследованиям методов цифровой обработки информации. После выбора доступной тогда элементной базы началось исследование ламповых импульсно-потенциальных элементов и принципиальных схем. Перед тем как зарегистрировать отработанную схему в журнале пригодных для использования, Сергей Алексеевич проверял на стенде каждый вариант. Первые схемы были громоздкими, перенасыщенными комплектующими изделиями. За упрощение схем Сергей Алексеевич ввел специальный коэффициент, который учитывался при начислении премии.

Много времени было потрачено на начальный период проектирования. Хорошо работающие схемы удавались с большим трудом. С возникавшими вопросами все обращались к Сергею Алексеевичу. Он был очень терпелив, внимателен к каждому исследователю, часто садился рядом то с одним, то с другим, брал паяльник, сдвигал на лоб очки и начинал работать над схемой. Помнил хорошо не только основные

схемы, но и все их варианты. Если долго не добивался требуемого результата, уходил в лес, на любимый пенек, и там, вычерчивая отдельные элементы схемы, временные диаграммы и производя расчеты часто только на пачках папирос, находил ошибки и радостный возвращался к прерванной работе.

Большая занятость в Феофании не позволяла Сергею Алексеевичу уделять много внимания общеинститутским проблемам. В этом ему оказывали помощь заместитель по науке Л.В. Цукерник и секретарь парторганизации института И.В. Акаловский.

Нельзя переоценить участие академика М.А. Лаврентьева с самых начальных этапов в развертывании работ по созданию МЭСМ. Благодаря его усилиям было передано здание в Феофании для нашей лаборатории. Рядом с этим зданием в монастыре располагался отдел Института математики АН УССР, директором института был М.А. Лаврентьев.

Сотрудники отдела на полигоне, недалеко от дома, где жил во время пребывания в Феофании М.А. Лаврентьев, проводили экспериментальные взрывы, а в свободное время играли в волейбол на нашей площадке.

М. А. Лаврентьев — известный ученый-математик, академик, доктор технических и физико-математических наук (имел два диплома), дважды лауреат Сталинской премии. Во время Отечественной войны, впервые в мире, разработал теорию коммуляции при взрывах, что позволило создать эффективные противотанковые снаряды и мины. Решил ряд других важных проблем для отечественной артиллерии. Пользовался в своих математических исследованиях моделями на аналоговой аппаратуре и потому, может быть, первым понял, познакомившись с работами по МЭСМ, какие неограниченные возможности для моделирования появляются на цифровой машине с автоматическим программным управлением. В Феофании М.А. Лаврентьев часто навещал С. А. Лебедева, подолгу с ним беседовал, интересовался нашими успехами.

Постановлением Президиума АН СССР от 15 марта 1950 г. академик М.А. Лаврентьев был назначен директором Института точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР. Приказом №40 от 20 марта 1950 г. академик М.А. Лаврентьев назначил заведующим лабораторией № 1 ИТМ и ВТ действительного члена АН УССР, профессора, доктора технических наук С.А. Лебедева. Ряд сотрудников, работавших в Феофании, был зачислен в штат лаборатории № 1 ИТМ и ВТ (приказ № 53 от 1 апреля 1950 г.) и откомандирован в Институт электротехники АН УССР (город Киев, улица Чкалова, дом 55-б).

Для обеспечения работ, ведущихся группой сотрудников лаборатории № 1 в Феофании, академик М.А. Лаврентьев разрешил передачу из Москвы в Киев необходимых приборов и оборудования, а также материалов для ведения НИР. Приказом по ИТМ и ВТ № 73 от 8 мая 1950 г. материально-ответственной была назначена А.Л. Гладыш. Таким образом, в Феофании появились две группы сотрудников — Киевская и Московская. В Московскую группу входили: М.А. Беляев, А.Л. Гладыш, И.М. Лисовский, Ю. С. Мозыра, П.М. Остапчук, Т. И. Пецух, С.Б. Погребинский, З. С. Рапота, А. Г. Семеновский.

Первые же успехи в автономной отладке вызывали бурную радость, взаимные поздравления и веселья, во время которых тратились все сбережения общественной кассы, накопившиеся в виде вознаграждений и штрафов за удачные и неудачные короткие устные рассказы в автобусных поездках Киев-Феофания-Киев. Все путешествие, при хорошей погоде, длилось около часа, в течение которого автобус сотрясаясь от смеха. Основные острйки не давали пощады никому, но насмешки не допускали, понимали, что тех слов, где есть хоть капля яда, и в шутку говорить не надо. Шутки не повторялись, хороший безобидный смех сближал, возбуждал энергию и бодрость, лица светлели.

После первых успехов начали появляться гости, в частности будущий главный конструктор ЭВМ «Стрела» Ю.Я. Базилевский с Б.И. Рамеевым и другими своими

сотрудниками. Они особенно внимательно обо всем расспрашивали, все рассматривали, записывали. Сергей Алексеевич подолгу объяснял им работу отдельных схем и узлов. Затем началось целое паломничество ученых, инженеров, сотрудников ЦК компартии и Совета Министров Украины. Заинтересовался новыми возможностями в области вычислительной техники и 1-й секретарь ЦК КП Украины Н. С. Хрущев. В 1950 г. Феофанию посетил секретарь ЦК компартии Украины И.Д. Назаренко. Свое впечатление от увиденного он выразил одним словом — «колдовство». После его отъезда Сергей Алексеевич сказал: «Этот статный красавец — служитель религии — награжден природой величавостью, чтобы скрыть недостатки ума». Вообще-то, к партийным функционерам Сергей Алексеевич относился трепетно. Все понимали, какую большую роль играла Коммунистическая партия в стране и в судьбе каждого человека в отдельности.

С самого начала работ в Феофании Сергей Алексеевич рассматривал МЭСМ как макет, на котором необходимо в самом широком диапазоне провести испытания и результаты учесть в будущей быстродействующей машине. В короткой записке в Совет по координации Академии наук СССР Сергей Алексеевич писал: «Быстродействующими электронными счетными машинами я начал заниматься в конце 1948 г. В 1948—1949 гг. мной были разработаны основные принципы построения подобных машин. Учитывая их исключительное значение для нашего народного хозяйства, а также отсутствие в Союзе какого-либо опыта их постройки и эксплуатации, я принял решение как можно быстрее создать малую электронную счетную машину, на которой можно было бы исследовать основные принципы построения, проверить методику решения отдельных задач и накопить эксплуатационный опыт. В связи с этим было намечено первоначально создать действующий макет машины с последующим его переводом в малую электронную счетную машину. Чтобы не задерживать разработку, запоминающее устройство пришлось выполнить на триггерных ячейках, что ограничило его емкость. Разработка основных элементов была проведена в 1949 г.... К концу 1949 г. были разработаны общая компоновка машины и принципиальные схемы ее блоков. В первой половине 1950 г. изготовили отдельные блоки и приступили к их отладке во взаимосвязи...»

Отладка блоков проходила при остром недостатке измерительных приборов и трудностях согласования вопросов импульсных связей и взаимодействий. В МЭСМ был заложен синхронный принцип работы. Все ее устройства, каждое из которых выполняло свои самостоятельные операции, должны были работать строго синхронно. Малейшие расхождения во временных циклах не допускались. Обеспечивалась такая работа при помощи синхронизирующих импульсов. Облегчение наступило только после установки блоков в сварной общий каркас машины, завершения межблочных соединений и ввода пульта управления. На нем была изображена мнемоническая схема, расположены измерительные приборы, переключатели и ключи управления. Для испытаний и наладки машины, кроме автоматического и полуавтоматического режимов, был предусмотрен ручной ввод импульсов сдвига на электронные запоминающие устройства чисел и команд. По сигнальным неоновым лампам на пульте управления можно было проследить работу всех элементов машины.

Как только завершилась автономная отладка блоков и устройств МЭСМ, все материалы с ее результатами были уложены в большой кожаный портфель, с которым Сергей Алексеевич уехал на короткий срок в Москву. Следом понеслись телеграммы с просьбой о немедленном возвращении, так как неожиданно остановилась комплексная отладка. Не у кого было спросить совета. Каждый хорошо знал свои блоки и устройства. Только что назначенный начальником МЭСМ автор не сумел без Сергея Алексеевича обеспечить дальнейшее продвижение настройки. Это был самый ответственный и сложный этап работы, на котором также возникало много

трудностей. Как и на предыдущих этапах создания МЭСМ, большие затруднения разрешал только Сергей Алексеевич, находя необходимые технические решения.

Для МЭСМ была установлена круглосуточная работа, для обслуживающего персонала — трехсменная, но поскольку его было недостаточно, приходилось работать по две смены. К этому времени в Феофании были организованы питание и ночлег. Сергей Алексеевич ежедневно работал за полночь, часто забывал о еде. Все реже отвлекался на аналоговое моделирование, проводившееся в соседней с машинным залом комнате. Наступило время, когда аппаратура, спроектированная на максимальные возможности радиоламп, и люди работали в самых предельных режимах. Социалистическое соревнование стало бессмысленным.

Много трудностей было преодолено на этапе комплексной отладки МЭСМ до полного подтверждения практикой правильности выбранных схем и их реализации. Особенно обрадовались, наблюдая устойчивую работу сумматора с цепочкой сквозных переносов и всего универсального арифметического устройства, в котором реализовывались все арифметические и логические операции. Наибольшую радостью доставляло, конечно, то, что все было новое, оригинальное. Опыта — никакого.

Об ЭВМ ЭНИАК и основных принципах Дж. Неймана по построению ЭЦВМ с хранимой программой узнали только в 50-х годах, когда появились рекламные публикации. Может быть, отсутствие этой информированности положительно отразилось на выбранном у нас пути создания дискретных машин? Сергей Алексеевич самобытно и так глубоко и всесторонне проработал основные принципы, структуру и технические решения, что в дальнейшем не потребовалось вносить сколько-нибудь значительные коррективы и дополнения.

В августе 1950 г. А.А. Ляпунов составил первую программу для вычисления факториала числа. МЭСМ безукоризненно ее выполнила. Дальше усложнение задач и программ пошло быстрыми темпами. А.А. Ляпунов говорил, что за три месяца работы на МЭСМ он получил колоссальный опыт программирования, машинных методов реализации алгоритмов.

Сергей Алексеевич второй раз собрал все материалы по теперь уже функционирующей машине в свой большой светло-коричневый портфель и повез их в ИТМ и ВТ АН СССР, где им было развернуто проектирование большой электронной счетной машины (БЭСМ).

Шестого ноября 1950 г. Сергей Алексеевич устроил в Феофании первый показ широкому кругу специалистов в разных областях науки и техники первой отечественной электронной цифровой машины, на которой решались тестовые и простейшие вычислительные задачи.

После увеличения количества блоков запоминания для расширения емкости запоминающего устройства, отработки операций сложения и вычитания, умножения и сравнения МЭСМ была представлена приемной комиссии в составе ученых: Н.Н. Доброхотова, А.Ю. Ишлинского, С.Г. Крейна, С.А. Лебедева, Ф. Д. Овчаренко, И. Т. Швеца. В акте от 5 января 1951 г. комиссия зафиксировала окончание в 1950 г. разработки, изготовления и наладки МЭСМ и рекомендовала провести в дальнейшем ряд усовершенствований.

До сентября 1951 г. реализовывались рекомендации приемной комиссии и проводились ранее запланированные Сергеем Алексеевичем работы по усовершенствованию МЭСМ. Была разработана и введена в эксплуатацию система постоянно используемых чисел (констант) и команд. Введена фотографическая запись результата. Приспособлена сортировка перфокарт для ввода исходных данных в машину. Разработана система управления магнитным запоминанием, завершён монтаж и отладка управления. Макет превращается в малую электронную счетную машину, и работа ее демонстрируется Правительственной Комиссии и Комиссии Экспертов.

Первого июля 1951 г. за № 2759—1321 выходит Постановление Правительства Украины, обязывающее ввести в эксплуатацию Электронную (Малую) Вычислительную Машину в IV кв. 1951 г.

В сентябре 1951 г. МЭСМ стала решать более сложные задачи с множеством алгебраических и дифференциальных уравнений в частных производных с сотнями неизвестных. На ней стало возможным моделирование в самых разных областях науки и техники, что на аналоговых машинах было недостижимо.

25 декабря 1951 г. МЭСМ была принята Комиссией Академии наук СССР (председатель — академик М. В. Келдыш) и передана в эксплуатацию.

Появление МЭСМ послужило мощным толчком к постановке и решению актуальных задач вычислительной математики в области ядерной физики, ракетной баллистики, расчета линий электропередач Куйбышев—Москва и др. Решение вручную этих задач надолго задержало бы развитие важных направлений отечественной науки и техники.

Сергей Алексеевич Лебедев реализовал свою многолетнюю мечту: создал цифровую электронную счетную машину, помогал ему в этом небольшой коллектив сотрудников Института электротехники АН Украины и Института точной механики и вычислительной техники АН СССР.

Безусловно эта работа по созданию МЭСМ заслужила самых высоких оценок, почетных званий, премий, наград. Она была представлена Академией наук Украины (Постановление Президиума № 12 от 11 января 1952г.) с необходимыми материалами на соискание Сталинской премии. По непонятным причинам премия не была присуждена. Возможно, Комитет по сталинским премиям испугался того, что работу могли связать с заклеянной «лженаукой кибернетикой»: логические операции, возможность электронного цифрового моделирования в любых областях науки и техники, управление процессами и объектами. Может быть были и другие причины, но премий и наград никто не получил. Да и благодарности вынесли очень скупо: нельзя было выделять кого-то, весь коллектив работал самоотвержено и все 22 сотрудника заслуживали поощрений.

Хотя Сергей Алексеевич сразу выбрал двоичную систему счета и ламповые триггеры как элементы памяти для МЭСМ, в Феюфании были развернуты научно-исследовательские работы (НИР), велись исследования других систем счета и других схем запоминающих устройств. Инженеры группы ЗУ создали испытательные стенды, на отдельном столике установили счетчик импульсов, с которого Сергей Алексеевич начинал демонстрацию гостям возможностей цифровых ламповых устройств. Счетчик нас никогда не подводил, в отличие от основной аппаратуры МЭСМ, где иногда случались сбои.

Все работы группы фиксировались в аппаратном журнале: положительные и отрицательные стороны других систем счета по сравнению с двоичной (особенно 8-миричной и 16-тиричной); количество смонтированных ячеек памяти за смену; количество отбракованных ламп, которые подбирались по примерно одинаковым коэффициентам усиления сдвоенных триодов 6Н8, а затем 6Н15; количество ламп, которые вышли из строя сразу при испытании их в стенде; замечания по параметрам комплектующих изделий и изменения, вносимые в принятые схемы. Журнал контролировал и обрабатывал Сергей Алексеевич.

В ЗУ использовалось примерно 75% всех ламп, содержащихся в МЭСМ. Все ячейки ЗУ чисел и команд были смонтированы и установлены в МЭСМ инженерами группы ЗУ. В схемах триггеров использовались лампы 6Н15, не требовавшие подбора по коэффициентам усиления.

Центральный коммутатор на 6Х6 тоже был смонтирован в группе ЗУ. Самой надежной была в то время 6V6, которая использовалась в катодных повторителях и усилителях. Ее наработка на отказ превышала 500 часов.

На стендах мы учились с максимальной скоростью обнаруживать неисправности. Сергей Алексеевич требовал устранять отказы быстрее, чем они возникали. Мы старались и устанавливали рекорды. Благодаря этой выучке на аппаратуре МЭСМ была обеспечена довольно приемлемая устойчивая зона работоспособности. Самым слабым звеном в триггере были 2-х ваттные сопротивления типа ВС в анодной цепи, которые часто горели. Сергею Алексеевичу не нравилось ламповое ЗУ и мы искали ему замену на самых неожиданных направлениях: от бумажного, которое настойчиво предлагал Л.И. Гутенмахер, до магнитофона и магнитного барабана разработки Института физики АН Украины. Впервые в августе 1949 г. мы посетили Институт физики АН УССР и познакомились с нашими сверстниками младшими научными сотрудниками Власовой Евгенией Михайловной, Гофманом Владимиром Исаковичем, Акоюн Гретой и техником «золотые руки» Шулейко Михаилом, которые под руководством заведующего отделом технической физики чл.-корр. Академии наук Украины Александра Александровича Харкевича (впоследствии академика АН СССР) преодолевали трудности магнитной записи на ферромагнитную пленку плохо поддающимися установке по образующей барабана магнитными головками. В кабинете А.А. Харкевича Сергей Алексеевич рассказал молодым энтузиастам магнитной записи о цели нашего посещения и о двоичной системе счисления, о которой они не имели ни малейшего представления. Среди присутствующих выделялась Е.М. Власова, которая быстро схватывала суть проблемы и к тому же была очень красивой. Е.М. Власова, ставшая в 1950 г. женой А.А. Харкевича, стала одним из основных разработчиков магнитного барабана для МЭСМ.

Срок завершения работ по Договору о создании ЗУ на магнитном барабане с Институтом физики истек в 1950 г. После испытаний барабана в январе 1951 г. актом приемки-сдачи было зафиксировано завершение разработки В Феофании барабан был установлен в машинном зале МЭСМ и введен в ее состав в августе 1951 г. Его отладкой вместе с нашими инженерами занимался только что закончивший Киевский политехнический институт, сотрудник Института физики Р. Г. Офенгенген. ЗУ на магнитном барабане было лучше ЗУ на магнитофоне тем, что обладало большой универсальностью и значительно меньшим временем обращения.

Московский институт автоматики предложил нам испытать ртутные колбы в качестве линий задержки. Тяжелые сооружения в термостатах разместили в полуподвальном помещении, где были сосредоточены агрегаты электропитания. Связи с электронными блоками осуществлялись экранированным кабелем. Кодовые последовательности циркулировали в ультразвуковой ртутной среде. Каждый тракт имел входной и выходной пьезопреобразователь. Среднее время выборки составляло около 300 мкс. ОЗУ на ртутных колбах имело ряд преимуществ перед ламповым, но громоздкость, высокие требования к условиям окружающей среды, низкая надежность пьезоэлементов не вдохновляли.

Интересными в этих поисках были ЗУ на электронных лучевых трубках, которые нам поставил НИИ-160 из подмосковного Фрязино. Одна трубка для каждого двоичного разряда. Возрастала емкость оперативной памяти, но сигнал считывания иногда зашумлялся. Необходимо было предпринимать специальные меры: регулировать уровень считываемого сигнала. Время выборки составляло около 12 мкс.

Как-то А.А. Харкевич привез нам несколько десятков германиевых диодов, которые мы сразу пустили в дело. У них оказалось малое прямое сопротивление и большое отношение обратного сопротивления к прямому. Это позволило улучшить характеристики электронных схем, там где можно было ламповые диоды заменить полупроводниками.

Не помню, когда мы занялись швейным делом. У нас появились оксиферовые сердечники, которые использовали связисты, и ферритовые сердечники из Ленинграда. В срочном порядке всей группой мы нанизывали их на шины с порядочной

долей скептицизма. Результаты испытаний оксиферовых и ферритовых ЗУ не были плохими, но мы недоумевали, почему так шумят и рассыпаются магнитные кольца. Попросили разрешить наши затруднения самого большого тогда авторитета в Союзе по помехоустойчивости Александра Александровича Харкевича. Он очень внимательно на осциллографе изучал шумовое поле и помехи, создаваемые в ферритовых ЗУ, и предположил, что процесс записи единицы начинается раньше (или выше по графику остаточной индукции), при этом разрушается ноль за счет помех и при его считывании возникающий большой сигнал помех может перегревать магнитные сердечники и разрушать их. С этим можно было бороться и было ясно как. Но Сергея Алексеевича смущала большая трудоемкость создания ЗУ на оксиферовых и ферритовых сердечниках, очень низкая ремонтпригодность, большой разброс величин снимаемых сигналов, сильное шумовое поле и, может быть, наше недоверчивое отношение к этому новшеству. Дальнейшие поиски в этом направлении были приостановлены.

Однажды, Сергей Алексеевич набросал в нашем журнале электрическую схему на триоде с трансформатором с шестью обмотками, тремя полупроводниковыми диодами, запоминающей емкостью, двумя сопротивлениями и сказал: «Лампу можешь выбрать любую, а лучше разные, трансформатор — намотай, диоды, емкость, сопротивления подбери и схему испытай, результаты я посмотрю». Это была самая интересная схема триггера, которую мне пришлось собирать и испытывать. Она имела следующие преимущества перед схемой триггера с потенциальными связями: простота, высокое входное сопротивление, очень низкое — выходное, что позволяет легко согласовывать с простыми логическими схемами на диодах; отсутствие жестких требований к разбросу параметров лампы, а также к разбросу величин параметров деталей; большая скважность; малые затраты энергии питания; большая крутизна фронта и спада и, как следствие, большое скоростное действие схем динамического триггера. Отличная схема, но комплексная отладка МЭСМ не оставляла больше времени на дальнейшие НИР, а также на переделки в собранных и функционирующих схемах.

Сергей Алексеевич решил, что мы выполнили приказ директора ИТМ и ВТ № 73 от 8 мая 1950 г. о ведении НИР в Феофании.

На специальном ужине в феврале 1951 г. Сергей Алексеевич отметил завершение разработки магнитного барабана для ЗУ и подписание 5-го января 1951 г. приемной комиссией акта об окончании разработки, изготовления и наладки МЭСМ в декабре 1950 г. и от имени всего коллектива поблагодарил Михаила Алексеевича Лаврентьева, Александра Александровича Харкевича и его жену Евгению Михайловну за участие и помощь в проведении НИР и создании МЭСМ.

Мне посчастливилось работать с Сергеем Алексеевичем в г. Киеве и в Феофании с июля 1949 г. инженером, инженером-конструктором, начальником группы, начальником МЭСМ. До декабря 1951 г. участвовал в подготовке МЭСМ к предъявлению на испытания.

Работать с Сергеем Алексеевичем было очень легко. Он никогда не повышал голоса даже на явно провинившихся. Относился ко всем исключительно равно и справедливо. Не было у него любимчиков, основных или ближайших, все были равны. Всегда отмечал даже небольшие успехи своих сотрудников. Не чужд был озорным проделкам и шуткам (во время отдыха или в туристских походах), которые произносил абсолютно серьезно. Привлекал откровенностью, доброжелательностью, увлеченностью, а также умением увлечь других и создать в каждом убежденность равного участия в общем деле. Создавал атмосферу радости труда, которая рождала энергию и желание трудиться. Всегда в научно-практической работе стремился сделать то, чего еще никто не сделал. Под влиянием замечательных качеств Сергея Алексеевича в коллективе воспитывались высокая сознательность, острое чувство ответственности, инициативность, профессионализм.

Сергей Алексеевич обладал самым дорогим даром природы: сильным умом, преследующим практические цели, веселым, насмешливым и добрым нравом. Академик А.А. Дородницын как-то в воспоминаниях поставил вопрос: «Знал ли Сергей Алексеевич латинскую поговорку *Age quod agis*<sup>1)</sup>». Сергей Алексеевич говорил близкое по содержанию изречение: «Что исполняешь, исполняй хорошо». А из латинских поговорок я слышал от него только одну. Когда Сергей Алексеевич увозил в большом портфеле в Москву первые материалы по МЭСМ, он сказал: «*Omnia mea mecum porto*<sup>2)</sup>». Вообще в Феофании Сергей Алексеевич часто пользовался крылатыми словами, четверостишиями не только из Блока и Гумилева, которых выделял, но и из Пушкина, например «Телега жизни», Шекспира, Бунина, Данте: «Земную жизнь пройдя до половины, я очутился в сумрачном лесу», Омара Хаяма:

«Миром правят насилие, злоба и месть? Что еще  
на земле достоверного есть? Где счастливые  
люди в озлобленном мире? Если есть — их по  
пальцам легко перечесть».

Несмотря на изнурительный режим дня, а иногда и ночи, мы были бодры и веселы, переживали полноту бытия, связанную с самоосуществлением, т. е. были счастливы. Учились работать, овладевали профессией, росли. Дружную работой всех создавалось наше счастье для всех. Самым счастливым был Сергей Алексеевич, потому что он дарил его всему коллективу, а каждый в коллективе, конечно, стремился быть счастливым.

Свободное от работы время уделяли спорту. Играли в волейбол, с наступлением зимы переходили на лыжи, которые пользовались меньшим успехом. Но самым яростным увлечением был пинг-понг. В помещении рядом с машинным залом проходили турниры. Первым чемпионом был заместитель заведующего лабораторией, но скоро он сдал свои позиции, проиграв ракетку. Хорошая была ракетка — с одной стороны пробка для защиты, с другой — мягкая резинка для нападения. Обидный был проигрыш. Впоследствии, автор успешно играл этой ракеткой на городских и республиканских соревнованиях по настольному теннису.

После завершения этапа в настройке или после сильного ветра, который обеспокоивал Феофанию, организовывались пешие или автобусные туристские маршруты по живописным местам Киевской области. Сергей Алексеевич был не только талантливейшим ученым, но и необыкновенно обаятельным и галантным мужчиной. Однажды, уже в довольно прохладное время года, когда автобус проезжал мимо озера, Алиса Григорьевна, жена Сергея Алексеевича, воскликнула: «Какие чудесные водяные лилии!» Сергей Алексеевич остановил автобус, молча разделся, влез в холодную воду и поплыл. Через несколько минут большой букет лилий он преподнес Алисе Григорьевне. Мужчины в автобусе были крайне смущены. На какое-то время прекратились обычные на маршрутах поступления в общественную кассу: ни одной остроты, ни штрафов, ни вознаграждений. Наконец, Алиса Григорьевна продекламировала:

«За радость легкую дышать и жить  
Кого, скажите, мне благодарить?»

Касса опять начинает расти. Самые большие поступления в нее текли тогда, когда с нами в автобусе бывала Алиса Григорьевна. Она была блистательно остроумным и необыкновенным человеком. Все ее очень любили, не меньше, чем любили и уважали Сергея Алексеевича. Она была по-настоящему членом нашего коллектива. Во всем помогая Сергею Алексеевичу, Алиса Григорьевна заботилась и о том, чтобы его

<sup>1)</sup> Делай то, что ты делаешь.

<sup>2)</sup> Все свое ношу с собой.

сотрудники были всесторонне развитыми, гармоничными людьми. Цитировала иногда К. А. Тимирязева: «Надо знать обо всем понемножку, но все о немногом». Алиса Григорьевна устраивала у себя на квартире вечера-встречи с известными деятелями искусства и культуры, на которых бывали Святослав Рихтер, Гмыря, Тимошенко и Березин, многие другие. Проходили вечера исключительно интересно и были очень полезны технической творческой молодежи. Никогда на них не поднимались темы наших профессиональных занятий.

Случалось, в часы вечерних прогулок до ближайшего озера через феофаныйский лес, Сергей Алексеевич высказывал вслух мысли о предстоящем развитии вычислительной техники и, особо, программирования, о непременном их самом широком распространении или, остановившись и глядя спутнику в глаза, как бы шутя, бросал совершенно новые идеи. Однажды он сказал, что универсальная машина хороша только для больших сложных задач вычислительной математики, а для решения какого-нибудь одного относительно узкого класса задач, но достаточно распространенного, целесообразно строить специализированные машины, которые должны быть значительно проще универсальных. Неожиданной была мысль о том, что пора уже совмещать ввод информации с вычислительным процессом и осуществлять выполнение операций над матрицами и векторами в вычислителе. Мы еще были так далеки от этого. Ну, а мысль о том, что «единственным эффективным способом борьбы с дальними ракетами является посылка встречной ракеты», точку их встречи может рассчитать быстродействующая цифровая электронная вычислительная машина и вместе с радиолокационными системами обеспечить наведение противоракеты на уничтожение цели, казалась такой невероятной и неосуществимой: снарядом попасть в летящий снаряд — фантастика, что мы ее даже не обсуждали. Но спустя одиннадцать лет эта идея была реализована, как и многие другие новые идеи Сергея Алексеевича Лебедева.

В конце февраля 1961 г. я прибыл на Балхашский полигон будучи офицером центрального аппарата Министерства обороны. 4 марта 1961 г., когда с центрального полигона Министерства Обороны была запущена баллистическая ракета, которую средства радиолокационной системы обнаружили на дальности 1500 км, а ламповые универсальные и специализированные цифровые машины, объединенные в вычислительную сеть, обеспечили:

- построение траектории баллистической ракеты (цели) и непрерывное ее уточнение;
- выдачу указания радиолокаторам точного наведения;
- расчет и выдачу на пусковые установки углов предстартовых разворотов;
- расчет момента пуска противоракеты и выдачу команды на ее пуск с пусковой установки;
- наведение противоракеты на цель в соответствии с боевым алгоритмом;
- и, наконец, подрыв противоракеты на высоте 25 км.

В результате прямого попадания противоракетой головка баллистической ракеты развалилась на части.

«Мне не забыть, как ранним мартом  
в машине нашей цифровой за три  
минуты перед стартом произошел  
случайный сбой.

Но в тот же миг машину эту мы  
вновь пустили, чуть дыша, и все  
же сбили мы ракету над диким  
брегом Балхаша».

Генеральный конструктор первой системы ПРО  
Григорий Васильевич Кисунько

Сбой в центральной вычислительной машине М-40 произошел за 145 секунд до подлета головки баллистической ракеты к точке ее перехвата противоракетой. Впоследствии первой системой ПРО было осуществлено еще одиннадцать успешных перехватов баллистических ракет и уничтожение их боеголовок при полном отсутствии сбоев вычислительных средств во время боевых циклов.

Президент Сибирского отделения АН СССР академик М. А. Лаврентьев и президент АН УССР академик Б.Е. Патон неоднократно говорили, что создание Сергеем Алексеевичем Лебедевым в тяжелейшие послевоенные годы первой оригинальной отечественной цифровой электронной вычислительной машины было его научным и трудовым подвигом.

Имя Сергея Алексеевича Лебедева по праву стоит в одном ряду с именами выдающихся ученых мира.

На Украине высоко чтут память Сергея Алексеевича и гордятся тем, что первая в Европе и в Советском Союзе электронная цифровая вычислительная машина была создана на их земле.

В память о Сергее Алексеевиче учреждена премия Академии наук УССР имени С.А. Лебедева; один из проспектов нового района города Киева назван именем С.А. Лебедева; у въезда в новое здание Института кибернетики АН УССР воздвигнута стела в память о первой электронной цифровой вычислительной машине в СССР и ее создателе — С. А. Лебедеве.

## Воспоминания о Сергее Алексеевиче Лебедеве

*В.С. Элькснин*

Я считаю, что мне повезло. Поступив в 1950 г. на работу в ИТМ и ВТ АН СССР, я вошла в небольшой коллектив интересных, увлеченных своей профессией людей. Директором Института был тогда Михаил Алексеевич Лаврентьев — известный математик-механик — «академик прима», как называли его в академической среде.

В 1950 г. Михаил Алексеевич Лаврентьев пригласил из Киева заведывать лабораторией ЭВМ Сергея Алексеевича Лебедева, который был тогда директором Института электротехники АН УССР. В этом институте Сергей Алексеевич создал первую в СССР малую электронную счетную машину МЭСМ.

В течение почти двух лет Сергей Алексеевич работал в Москве и Киеве. В Москве он жил в гостинице «Якорь», неподалеку от ИТМ и ВТ, который в то время располагался в здании 2-го часового завода (рядом с Белорусским вокзалом). Приезжал Сергей Алексеевич всегда с большим портфелем, в котором, как выяснилось потом, находились материалы проекта новой ЭВМ. Эти материалы послужили основой для создания под руководством Сергея Алексеевича первой отечественной быстродействующей ЭВМ — БЭСМ АН СССР, которая была построена уже в новом здании Института на Калужском шоссе (сейчас Ленинский проспект).

Меня всегда удивляли большая выносливость и целеустремленность Сергея Алексеевича. Он очень часто сутками не выходил из машинного зала, где монтировалась БЭСМ. Молодые специалисты, пришедшие в Институт, не выдерживали такого режима. Иногда поздно вечером я входила в машзал, чтобы узнать, не надо ли чего-либо Сергею Алексеевичу, и заставала такую картину: между стойками, постелив газеты на пол, спят наши молодые инженеры, а Сергей Алексеевич сидит и что-то паяет.

При создании БЭСМ Сергею Алексеевичу пришлось столкнуться со многими трудностями: не хватало радиодеталей и различных материалов. Я помню случай, когда Сергей Алексеевич и Михаил Алексеевич покупали радиолампы на свои деньги.

Окончание работ по БЭСМ в 1952 г. стало большим праздником для всего коллектива Института.

Под руководством Сергея Алексеевича, будучи его референтом, я проработала 20 лет. Работать с ним было трудно и в то же время легко. Трудно потому, что он был очень требовательным, а легко оттого, что Сергей Алексеевич своей организованностью и чутким, внимательным отношением воодушевлял на хорошую работу. Требовательность Сергея Алексеевича сочеталась с редкой деликатностью. Сергей Алексеевич никогда не повышал голоса, говорил немного, тихо, но всегда убедительно.

К людям Сергей Алексеевич относился всегда с уважением, доброжелательно, умел всех привлечь к общему делу, поэтому каждый ощущал свою нужность и сопричастность к работам.

Сотрудники Института, глубоко уважая Сергея Алексеевича, видели в нем не только большого ученого и руководителя, но и просто товарища по работе. Все это очень сплачивало коллектив.

В середине 60-х годов была создана машина БЭСМ-6. Это был период большой творческой и напряженной работы главного конструктора этой машины Сергея Алексеевича Лебедева.

Много написано о машине БЭСМ-6 — этом замечательном творении Сергея Алексеевича и коллектива ИТМ и ВТ. В канцелярию Института очень часто поступали письма с положительными отзывами о БЭСМ-6.

В конце 60-х годов Сергей Алексеевич начал работать над созданием суперЭВМ, но довести эту работу до конца ему уже не удалось. Наступил трудный период в жизни Сергея Алексеевича. Его здоровье ухудшилось и даже крепкий чай, который он так любил, уже не всегда восстанавливал его поразительную работоспособность. Осенью 1972 г. он уже серьезно заболел. Были привлечены крупнейшие медицинские силы. Президиум Академии наук СССР и Минрадиопром СССР принимали активное участие в организации медицинской помощи Сергею Алексеевичу, который более года находился на лечении в больнице Академии наук СССР, но, увы, спасти его не удалось, и в июле 1974 г. С. А. Лебедева не стало.

Будучи тяжелобольным, Сергей Алексеевич не падал духом и работал до последних своих дней. К нему домой и в больницу приходили сотрудники Института. Он всегда интересовался работами в ИТМ и ВТ, помогал советами, давал рекомендации и при этом забывалось, что Сергей Алексеевич тяжело болен, казалось, что он вновь будет на работе в своем кабинете и будет сидеть, поджав под себя ногу, за своим рабочим столом.

Последний раз Сергей Алексеевич был в Институте в начале марта 1973 г. в день празднования 8-го Марта. Он выступил с поздравлением на праздничном вечере. Свое поздравление он начал словами «дорогие итэмовочки». В этом поздравлении было столько тепла и доброжелательности и было так трогательно слушать этого замечательного человека, что у некоторых на глазах выступили слезы. Все, встав, долго аплодировали Сергею Алексеевичу. Это было последнее его выступление в ИТМ и ВТ.

Сергей Алексеевич был не только выдающимся ученым, но также и замечательным семьянином. Он и его жена — Алиса Григорьевна, воспитали четверых детей: Наташу, Катю, Сережу и Яшу. Это была очень дружная, сплоченная семья. Праздники, юбилейные дни, как правило, отмечались дома. К ним готовились заранее, и они проходили как веселые семейные капустники. Организатором и душой этих встреч всегда являлась Алиса Григорьевна — остроумная, веселая и душевная женщина.

Алиса Григорьевна была замечательным другом и товарищем Сергея Алексеевича, часто посещала Институт и ее в шутку называли «внештатным сотрудником ИТМ».

Сергей Алексеевич и Алиса Григорьевна, будучи очень простыми, демократичными людьми, охотно принимали не только у себя дома на Новопесчаной улице сотрудников Института, но и сами участвовали в разных торжествах, проводимых сотрудниками. Алиса Григорьевна была очень общительной, своим остроумием и эрудицией создавала на этих встречах непринужденную, веселую обстановку.

Прошло много лет с тех пор, как не стало Сергея Алексеевича, но сотрудники Института до сих пор чтят его память. В день смерти Сергея Алексеевича и в день его рождения они посещают Новодевичье кладбище, где похоронены Сергей Алексеевич и Алиса Григорьевна, встречаются с их детьми, возлагают цветы, делятся воспоминаниями. После встречи на кладбище большая группа сотрудников ездит на квартиру, где жил Сергей Алексеевич и где теперь живет семья его дочери Екатерины Сергеевны. За столом продолжают воспоминания и всегда находится много нового, чем еще можно поделиться, вспоминая Сергея Алексеевича.

Наш Институт носит имя Сергея Алексеевича. На Новопесчаной улице на доме, где жил Сергей Алексеевич, в память о нем установлена мемориальная доска.

В Киеве, где также чтят память Сергея Алексеевича, установлена мемориальная доска на доме, где был Институт электротехники АН УССР. Одному из проспектов Киева присвоено имя С. А. Лебедева.

Перед въездом в Институт кибернетики АН УССР воздвигнута стелла в память о первой в Союзе ЭВМ и ее создателе — С.А. Лебедеве.

Академией наук УССР учреждена премия имени С.А. Лебедева за выдающиеся достижения в области вычислительной техники.

Первым лауреатом этой премии стал академик М.А. Лаврентьев. В числе лауреатов — ближайшие ученики С. А. Лебедева: академики В. А. Мельников и В.С. Бурцев; члены-корреспонденты АН СССР Б.А. Бабаян, Г.Г. Рябов; доктора технических наук В.В. Бардиж и М.В. Тяпкин.

В день 80-летия со дня рождения С. А. Лебедева (2 ноября 1982 г.) в ИТМ и ВТ был открыт музей Истории Института, значительная часть материалов которого посвящена основоположнику отечественной вычислительной техники — академику Сергею Алексеевичу Лебедеву. Экспозиция отражает начало научной и педагогической деятельности Сергея Алексеевича в ВЭИ, в МЭИ, а затем его работу директором Института электротехники АН УССР. Много экспонатов музея связано с деятельностью Сергея Алексеевича на посту директора ИТМ и ВТ и его работой заведующим кафедрой ЭВМ МФТИ. Есть интересные фотографии, связанные с личной жизнью Сергея Алексеевича. Этот музей Истории Института можно считать музеем академика С. А. Лебедева — выдающегося ученого нашего времени.

## Из статьи «Первые годы ИТМ и ВТ» <sup>1)</sup>

*П.П. Головистиков*

Начальный период образования Института точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ), его становление и первый крупный результат работ его сотрудников — создание в СССР первой быстродействующей вычислительной машины БЭСМ АН СССР — заслуживают того, чтобы вспомнить об этом периоде подробнее: о людях, о существовавшей тогда обстановке, о работах, проводимых в ИТМ и ВТ, которые предшествовали началу создания БЭСМ, и о самом создании БЭСМ.

Институт точной механики и вычислительной техники был создан для разработки новых средств вычислительной техники. Его название (сохранившееся до

<sup>1)</sup> Опубликовано в сборнике «От БЭСМ до суперЭВМ». Вып. 1. — М., 1988.

сих пор) отражало состояние вычислительной техники того времени. Тогда весьма распространенными были еще механические вычислительные системы: например прецизионные дисковые дифференциальные анализаторы.

Чтобы лучше понять обстановку, которая имела место в первые дни существования Института, попытаемся кратко охарактеризовать состояние вычислительной техники в это время за рубежом. Прежде всего хочется отметить, что информация тогда была поставлена еще очень плохо. Основными источниками было всего несколько журналов на английском языке (например, Electronics, Proceedings of the IRE). Первые сведения в журналах об ЭВМ мы получили в начале 1949 г. В 1946 г. в США была создана первая в мире электронная вычислительная машина ENIAC, содержащая 18000 радиоламп и выполнявшая около 1000 одноадресных операций в секунду. Позднее появились сообщения о разработках машин параллельного и последовательного действия рядом фирм. Эти ЭВМ имели меньшее количество радиоламп, но большее быстродействие. Естественно, эти первые сообщения были очень ограниченными. Трудно было представить достаточно полно структуру и возможности машин.

Говорят, что вся схема БЭСМ у Сергея Алексеевича Лебедева была записана на папиросных коробках «Казбек» или на отдельных листках. Это неверно. Она заключалась в толстых тетрадах (и не одной). В них самым скрупулезным образом были изображены все структурные схемы машины, они были продуманы до мелочей. Расписаны все возможные случаи их работы. Приведены временные диаграммы работы блоков. Подробно расписаны на разных примерах все возможные случаи выполнения отдельных операций со всеми нюансами. И весь этот огромный объем информации он начал передавать нам. Меня он ориентировал на арифметическое устройство, хотя хотел, чтобы я знал работу и других блоков, и машины в целом, а К.С. Неслуховского — на устройства управления, на работу машины в целом. Конечно, трудно было за короткое время переварить весь этот большой объем информации. Понимая мои трудности, для закрепления материала он устраивал мне серию контрольных вопросов, вроде таких: «Как изменится структура арифметического устройства, если отрицательные числа будут представляться в машине не дополнительным кодом, а обратным», или «в каких случаях при сложении и вычитании к дополнительному разряду надо прибавлять единицу, а в каких — нет, и почему это так».

С получением подробной информации о будущей машине мне совершенно по другому представился смысл той работы, которой я занимался. Теперь можно было макетировать совершенно конкретные схемы, устройства. В качестве основы для дальнейшего макетирования узлов БЭСМ Сергей Алексеевич выбрал элементы и схемы, разработанные в Отделе точной механики. Я начал вести работы по макетированию арифметического устройства (АУ). Вместе с С.А. Лебедевым мы определили объем макета АУ. Предполагалось сделать макет на 16 разрядов для чисел и на 4 разряда — для порядков. Наметили основные черты его конструкции. Я начал прорисовывать эскизы конструкции, чтобы можно было начать изготовление, чертить электрические схемы плат. Тогда механики изготавливали конструкцию по эскизам, сделанным в основном от руки, а монтажники выполняли монтаж по электрическим схемам под наблюдением инженера. Монтажные чертежи выполнялись в исключительных случаях, где важно было расположить отдельные элементы в нужных местах или где трудно было по электрической схеме монтажнику расположить элементы схемы. Мы тогда не знали той громоздкой технической документации, которая существует сейчас. Любая новая задумка могла быть сразу же промакетирована или введена в электрическую схему платы. Тем не менее, объем работ предстояло выполнить огромный, людей не хватало. Приходилось работать, не считаясь со временем, с раннего утра до самого позднего вечера. Да и дома, даже ночью все время думалось: как лучше сделать то или это. Работа была очень трудная. Но какая она была

интересная! Очень приятно было работать непосредственно с Сергеем Алексеевичем. Он вникал во все мелочи, но делал это неназойливо, незаметно. Никогда не навязывал своего мнения, особенно в мелочах. Если он видел, что делается что-то не так, он в деликатной форме доказывал, как можно сделать лучше, и ты всегда с ним соглашался. Он всегда охотно принимал предложения других, ценил инициативу и всегда выдвигал людей инициативных. И если твоё предложение было не хуже, чем его (или даже они были эквивалентны), он принимал твоё предложение. Особенно эти качества Сергея Алексеевича я почувствовал много позднее, когда был уже зрелым специалистом, когда я под его руководством и при его непосредственном участии разрабатывал структуру машины М-20. А в описываемый период я ещё только начал учиться у Сергея Алексеевича и каких-либо существенных предложений дать не мог. Когда Сергей Алексеевич раскритиковал некоторые мои схемы при нашем первом знакомстве, эта критика выразилась приблизительно так: «Почему Вы сделали так? Может быть лучше было бы сделать следующим образом? Подумайте».

В 1950 г. Сергей Алексеевич Лебедев, оставаясь директором Института электротехники АН УССР, вынужден был работать на два фронта. В Киеве в IV кв. 1950 г. необходимо было предъявить Государственной комиссии готовую Малую электронную счетную машину (МЭСМ). В Москве, являясь заведующим лабораторией №1 ИТМ и ВТ, Сергей Алексеевич был ответственным за предъявление Государственной комиссии в I кв. 1951 г. эскизного проекта Большой электронной счетной машины (БЭСМ), в аббревиатуре которой вскоре первую букву стали расшифровывать как «быстродействующая».

21 апреля 1951 г. была назначена Государственная комиссия для приемки эскизных проектов БЭСМ в ИТМ и ВТ и машины «Стрела» в ОКБ. Это была очень представительная комиссия: академик М. В. Келдыш (председатель), министр машиностроения и приборостроения П.И. Паршин, академик А. А. Благонравов и другие. М. А. Лаврентьев и М. А. Лесечко (директор СКБ) в комиссию не входили. В Институте комиссия начала работать в мае. Здесь не обошлось и без курьезов. В момент, когда комиссия прибыла в Институт для осмотра работ макетов, Павел Александрович Зольников, делавший последнюю проверку работоспособности схем для комиссии, нечаянно уронил прибор на блок УАУЧ и все там замкнул. Создалась критическая ситуация. Сразу же оповестили Сергея Алексеевича, чтобы он как можно дольше задержал комиссию для осмотра других макетов. Мы немедленно стали устранять неисправности, чистить схемы от копоти после мощных КЗ. При этом наши вестовые все время сообщали, где находится комиссия.

Вот уже она пришла в соседнюю комнату, а у нас еще не готово. Наконец, в момент, когда члены комиссии появились в дверях, была устранена последняя неисправность и макет заработал нормально. Институт успешно защитил эскизный проект. После этого было принято решение о создании экспериментального образца машины БЭСМ и о сроке его завершения в I кв. 1953 г. Началась проработка конструкции опытного образца БЭСМ АН СССР.

Летом 1952 г. изготовление машины в основном было завершено. Началась наладка. Машина была установлена в комнате 105 на первом этаже здания. Эта комната в то время представляла большой длинный зал, начинавшийся от проходной и кончавшийся концом здания. В наладке принимали участие все разработчики машины. Самое активное участие в наладке принимал Сергей Алексеевич Лебедев. Он все это время находился в комнате 105, работал, как и все, с приборами, с паяльником. Работа была напряженная. Почти ежедневно мы с Сергеем Алексеевичем спешили попасть на последний автобус (тогда единственный автобус № 5 имел конечную остановку около ВЦСПС). А утром снова на работу. Многие сотрудники работали в сменах. Работа велась круглосуточно. Асом в наладке показал себя В.С. Бурцев. Мне пришлось работать со многими сотрудниками, но так быстро находить неисправности,

как делал это В. С. Бурцев, никто не умел. Постепенно работа машины становилась все более надежной. Здесь следует отметить, что основной особенностью работы ламповой машины являлась следующая. Главным источником неисправностей была электронная лампа: многие лампы выходили из строя в первые часы работы. Но если лампа проработала в машине несколько сотен часов, ее выход из строя становился маловероятным. Этот эффект пытались устранить специальными тренировками ламп в экстремальных режимах. Но к заметному результату это не приводило.

Итак, в I квартале 1953 г. БЭСМ была налажена, а в апреле 1953 г. была принята Государственной комиссией в эксплуатацию. Ее надежность была хорошей.

В заключение хочется сказать следующее. Когда я оглядываюсь на то далекое время с современных позиций, наши разработки кажутся примитивными, наши рассуждения, взгляды — наивными. Но ведь все, что мы делали, выполнялось впервые. Наверное, создать первое простое (с современных позиций) устройство было так же сложно, как сейчас создать самый сложный узел на современной элементной базе. Машина БЭСМ АН СССР была создана за очень короткий срок — 2,5 года. Она была так быстро сделана не потому, что она была проста, как кажется сейчас, а потому, что тогда мы трудились, не считаясь со временем. Была напряженная, целеустремленная работа. Никто нас не понукал, не заставлял так работать. Просто работа была очень интересная. Мы не знали тогда громоздкой пахнувшей бюрократизмом технической документации, которая существует сейчас и которая рассчитана на низкую квалификацию работников заводов. Мы не составляли решений, не выпускали бюрократических документов. Наши головы были заняты только непосредственно нашей работой над машиной, как лучше ее выполнить. Любое наше решение могло быть очень быстро реализовано. Я думаю, все, кто стоял у истоков электронной цифровой вычислительной техники, кто работал с Сергеем Алексеевичем Лебедевым, у него учились, могут с гордостью, без хвастовства сказать: мы **были первыми!**

## Сергей Алексеевич

*В.И. Рыжов*

Когда Сергей Алексеевич начал разворачивать свои работы по БЭСМ, я с большим увлечением занимался работами по созданию устройств, преобразующих аналоговые величины в дискретные и обратно. ИТМ и ВТ тогда руководил М.А. Лаврентьев. Я организовал небольшую группу инженеров, работающих над созданием такого рода специализированных машин. Она входила в состав лаборатории, руководимой С.А. Лебедевым.

Здесь мне хочется подметить одну ценную черту Сергея Алексеевича. Хотя он был полностью поглощен работами по созданию БЭСМ, он интересовался нашими работами, не ограничивая полет наших мыслей и поиск новых идей.

Незадолго до окончания работ по БЭСМ Сергей Алексеевич назначил меня своим заместителем по лаборатории, специально оговорив, что я имею полную возможность продолжить свои работы в области спецмашин. С этого момента я очень тесно работал с Сергеем Алексеевичем до конца его дней.

Особенно близкое взаимодействие с С. А. Лебедевым началось после того, как он согласился на выполнение Институту работ по созданию вычислительных средств ПРО. Для этого была создана лаборатория, которой я руководил некоторое время. Приведу некоторый эпизод из начала работы по ПРО.

Экспериментальная система строилась на полигоне и на начальном этапе необходимо было решать много вопросов с проектировщиками и строителями непосредственно на объекте.

Эту задачу Сергей Алексеевич поручил мне, совершенно не знакомому с тонкостями дипломатической игры при составлении различных планов и графиков. Попав на «высокое» совещание на объекте, я был поражен тем несоответствием между реальным состоянием работ и рассматриваемыми планами, и однажды высказал сомнение в возможности обеспечения холодом нашей машины в те сроки, которые предлагались. Надо сказать, что это выступление произвело некоторый шок на высоких членов комиссии, но на мое счастье руководил этим совещанием академик Н.А. Щукин, который в достаточно легком (академическом) стиле отметил, что товарищ Рыжов несколько неправильно оценивает обстановку, и продолжил обсуждение плана.

Вернувшись в гостиницу, я обратился к директору предприятия, которое должно было обеспечить нас холодом, с вопросом — каким образом он собирается выполнить утвержденный план, на что получил ответ — срок нереальный, но говорить об этом не надо.

Вернувшись в Москву я, конечно, рассказал об этом Сергею Алексеевичу. На что он, улыбнувшись, посмотрел на меня и произнес: «Владимир Иванович, не обращайтесь на такие мелочи».

Это мудрое напутствие запомнилось мне на всю жизнь и неоднократно выручало меня в дальнейшей работе — я всегда концентрировал внимание на главном.

Приведу еще один факт из нашей полигонной жизни, характеризующий С.А. Лебедева как человека. Работы на полигоне развернулись в полном объеме, и Сергей Алексеевич начал лично участвовать в работах и совещаниях на полигоне. Следует немного рассказать о тех условиях, в которых мы тогда жили там. В качестве жилья нам был выделен один барак, в котором из удобств была подведена лишь холодная вода. Основные удобства были во дворе в виде помещения с ямой и дырками, до которых зимой даже добраться было затруднительно. Баня находилась на порядочном расстоянии в железнодорожном поселке. Питание, весьма посредственное даже по тем меркам, можно было получить в столовых, которые приходилось брать штурмом, чтобы что-нибудь получить. Естественно, что руководящий состав, как это было принято, был обеспечен значительно лучше: имел свою гостиницу с удобствами, был обеспечен хорошим питанием.

Когда на объект впервые приехал Сергей Алексеевич, академик, Герой социалистического труда, наше предложение было разместить его в соответствующих условиях. На что он четко ответил — «я буду жить с вами». Из-за тесноты в бараке мы не смогли выделить отдельную комнату, и он жил вместе с Бурцевым и со мной в маленькой комнате, где кроме трех кроватей, тумбочки и стула ничего нельзя было поставить.

Питание Сергею Алексеевичу мы обеспечивали следующим образом: заранее приезжали к столовой, занимали место у входной двери и, оставив Сергея Алексеевича в сторонке, готовились к штурму. Когда персонал столовой открывал двери (едва успев отскочить от них), мы врвались в столовую, занимали места и потом усаживали Сергея Алексеевича.

Но больше всего меня поразило, что, когда Григорий Васильевич Кисунько, не обнаружив Сергея Алексеевича в расположении руководства, как-то обратился к нему с предложением переселиться в гостиницу, Сергей Алексеевич коротко ответил: «Спасибо, я с ребятами».

Только значительно позже, пройдя хорошую школу жизни, я смог в полном объеме оценить эти великие качества скромности, коллективизма в лучшем понимании, которыми был наделен этот выдающийся ученый.

Следует отметить, что не взирая на ряд трудностей, он сумел улучшить нашу жизнь на полигоне и решил основную задачу организации питания наших сотрудников и, в конечном итоге, обеспечил всех нас качественным жильем.

Мне, конечно, трудно в полной мере оценить роль Сергея Алексеевича в развитии института, но я считаю, что он, совершив революционный переход от непрерывной техники к дискретной, создал уникальный коллектив сотрудников, способный решать сложнейшие задачи создания суперЭВМ, в то время стоящих на уровне мировой вычислительной техники и в ряде случаев превосходящих ее.

Столкнувшись впоследствии в своей работе с людьми из министерств и ведомств, с их методами работы, отношением к людям, откровенным чиновничьим, еще больше оцениваешь действительную скромность, порядочность и трудолюбие этого великого ученого — Сергея Алексеевича Лебедева.

## Кафедра ЭВМ <sup>1)</sup>

*В.В. Бардиж*

Идея создания высшего учебного заведения нового типа для подготовки высококвалифицированных специалистов по современной физике и новейшей технике возникла еще в тридцатые годы. Однако война задержала осуществление этих замыслов. Только в 1946 г. был создан физико-технический факультет МГУ, который в 1951 г. был преобразован в Московский физико-технический институт (МФТИ).

В создании МФТИ деятельное участие принимала группа выдающихся советских ученых, в их числе академики П. Л. Капица, Н.Н. Семенов, М. А. Лаврентьев.

МФТИ — это особый институт среди вузов страны. Он готовит специалистов по современной физике и новейшей технике для институтов Академии наук, отраслевых научно-исследовательских институтов и крупных конструкторских бюро.

В МФТИ сложилась новая система подготовки специалистов — система физтеха, которая объединяет в себе широту университетского и конкретность технического образования.

Это достигается тем, что на первых двух курсах студентам преподаются в МФТИ дисциплины, общие для всех специальностей, а, начиная с третьего курса, обучение студентов ведется совместно с институтами Академии наук, научно-исследовательскими институтами и конструкторскими бюро, которые называют базовыми предприятиями.

Кафедра электронных вычислительных машин была создана в МФТИ основателем отечественной электронной вычислительной техники академиком С.А. Лебедевым в 1952 г. Базовым предприятием этой кафедры является Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева.

Кафедра ЭВМ входит в состав факультета радиотехники и кибернетики (ФРТК). Учебный процесс для студентов кафедры тесно связан с тематикой Института ТМ и ВТ.

Заведующим кафедрой ЭВМ с 1952 г. до конца своих дней (1974 г.) был директор ИТМ и ВТ академик Лебедев Сергей Алексеевич. С 1974 по 1985 г. кафедрой руководил член-корреспондент АН СССР Бурцев Всеволод Сергеевич. С 1985 г. руководство работой кафедры ЭВМ возложено на члена-корреспондента АН СССР Рябова Геннадия Георгиевича.

В 1957 г. состоялся первый выпуск студентов МФТИ по кафедре ЭВМ. С 1957 г. по 1990 г. кафедрой проведено 34 выпуска студентов. Всего выпущено 378 человек.

Во многие организации и во многие города попали на работу выпускники МФТИ по кафедре ЭВМ за прошедшие годы. И можно быть уверенными в том, что эти специалисты, как правило, оказались на высоте в решении поставленных перед ними

<sup>1)</sup> Опубликовано в сборнике «От БЭСМ до суперЭВМ». Вып. 2. — М., 1991.

задач, ибо это не только специалисты, прошедшие «школу физтеха», но это также те, кто получил научную подготовку в ИТМ и ВТ, это «итээмовцы».

Автору этих строк неоднократно приходилось присутствовать в МФТИ на заседаниях комиссии по распределению. И всегда можно было наблюдать картину «борьбы» представителей многих организаций за молодых специалистов, окончивших МФТИ по кафедре ЭВМ. Это связано с тем, что за многие предшествующие годы выпускники кафедры зарекомендовали себя как хорошо подготовленные научные работники.

Автор настоящей статьи работал на кафедре ЭВМ в течение 35 лет (с 1953 по 1988 г.) в должности доцента, а затем профессора. Читал первоначально курс «Основы электротехники», затем «Магнитные элементы ЭВМ», а в последние годы — курс «Запоминающие устройства ЭВМ». Одновременно с чтением лекций выполнял обязанности заместителя заведующего кафедрой.

Вспоминая прошлые годы, хотелось бы отметить прежде всего ту огромную роль, которую сыграл Сергей Алексеевич Лебедев в подготовке научных кадров. Будучи главным конструктором ЭВМ серии БЭСМ и специализированных ЭВМ, Сергей Алексеевич всегда охотно делился своими знаниями и опытом с другими, особенно с молодежью.

На кафедре ЭВМ Сергей Алексеевич читал основополагающий курс «Вычислительная техника». Лекции он читал не спеша, излагая сложный материал доходчиво и интересно. В начале 50-х годов, когда практически отсутствовала литература по вычислительной технике, лекции Сергея Алексеевича вызвали огромный интерес. Их посещали не только студенты и преподаватели кафедры ЭВМ, но и сотрудники ИТМ и ВТ.

Передо мною проходят картины прошлого. Вот одна из них. Конец 1952 г. Актный зал в новом здании Института ТМ и ВТ на Ленинском проспекте. Сергей Алексеевич читает лекцию по вычислительной технике. Зал заполнен до отказа. Тишина, и только слышен негромкий голос Сергея Алексеевича. На доске появляется структурная схема ЭВМ и не для всех еще привычные обозначения: АУ, ОЗУ, УУ, ВЗУ, ввод, вывод. Сергей Алексеевич читает лекцию о первой в Советском Союзе быстродействующей ЭВМ (БЭСМ АН СССР), самой производительной машине того времени в Европе. Эта машина еще не принята Государственной комиссией (это будет сделано в начале 1953 г.), но она уже работает на первом этаже нового здания Института. Много лет прошло с тех пор, а помнится так, как будто это было недавно.

В 60-х годах лекции Сергея Алексеевича были тесно связаны с машиной БЭСМ-6, одной из лучших отечественных ЭВМ, которая нашла широкое практическое применение и которой были оснащены основные вычислительные центры страны.

В начале 70-х годов основой лекций Сергея Алексеевича были уже суперЭВМ на основе многопроцессорных вычислительных комплексов.

Сергей Алексеевич как заведующий кафедрой требовал от сотрудников кафедры, чтобы лекции для студентов носили конкретный характер и хорошо отражали последние достижения по рассматриваемым вопросам и в то же время были бы на достаточно высоком научном и техническом уровнях.

Профессорско-преподавательский состав кафедры комплектовался всегда ведущими сотрудниками ИТМ и ВТ и был стабильным со сравнительно редкими обновлениями.

В последние годы, когда кафедру ЭВМ возглавляет член-корреспондент АН СССР Г. Г. Рябов, введены новые курсы, связанные с бурным развитием микроэлектроники и автоматизации проектирования.

ИТМ и ВТ тесно связан в своей работе с заводами, и эта связь реализуется уже на этапах ОКР и продолжается на стадиях внедрения разработок, проводимых Институтом. Студенты же кафедры ЭВМ выполняют НИР и дипломные работы, тесно

связанные с тематикой ИТМ и ВТ. Поэтому учебный процесс, осуществляемый на кафедре ЭВМ, отвечает требованию интеграции образования, производства и науки, которое было выдвинуто в связи с перестройкой высшего и среднего специального образования в стране.

## Как я попал в ИТМ?

*В.Н. Лаут*

Школу я закончил в 1945 г., год окончания Отечественной войны. Жили мы (мать, я и младшая сестра) в городе Фрунзе (теперь Бишкек), столице Киргизии, куда были эвакуированы из Киева в самом начале войны. Еще мальчишкой я увлекся техникой. Очень много читал книг и журналов по занимательной физике, механике, астрономии. Посещал станцию «юных техников».

Мне было 16,5 лет (год я сэкономил, перепрыгнув из 8-го класса в 10-й). Послал документы в Московский энергетический институт (МЭИ), получил вызов, сдал вступительные экзамены и стал студентом. Все 5,5 лет учебы в институте жил в общежитии МЭИ, в студгородке. Весной 1951 г. я окончил институт по специальности «автоматика и телемеханика». Еще раньше, в 1950 г., девять студентов МЭИ были направлены в ИТМ и ВТ на преддипломную практику. Я был одним из этой девятки. Заведующим лаборатории, куда нас определили, был Сергей Алексеевич Лебедев. От него мы впервые услышали о возможности создания электронной вычислительной машины. В программе обучения МЭИ, как, впрочем, и любого другого вуза нашей страны, эта тема отсутствовала; не было и книг по этой тематике, так как не было еще и самих ЭВМ.

СА прочитал нам серию лекций по структуре ЭВМ, логике работы ее узлов, принципам электроники элементной базы, двоичной арифметике, основам программирования. Через несколько лет образуется при Физтехе кафедра вычислительной техники и СА станет заведующим кафедрой. В основу курса, который он будет там читать, лягут лекции, прочитанные нам.

Темой дипломной работы каждого из девятки стала разработка и макетирование одного из узлов (устройств) БЭСМ (большой электронной счетной машины) — первой большой отечественной машины.

Так мы стали «специалистами по вычислительной технике».

Мне досталась тема: разработка оперативной памяти (ОП) с малым временем доступа. Эта работа предполагала использование новых электронных приборов — «потенциалоскопов», разработка которых только началась в одном из подмосковных институтов.

Устройство памяти на потенциалоскопах (специальных электронно-лучевых трубках) сильно отличалось по конструкции и схемотехнике от других устройств машины и требовало большего времени для проектирования и изготовления.

Чтобы выиграть время и приступить к отладке машины, не ожидая готовности оперативной памяти, СА предусмотрел разработку временного варианта памяти на ртутных линиях задержки. Эта память имела большое время доступа, что не позволяло достичь высокой производительности машины. Но зато к моменту готовности основного варианта оперативной памяти вся остальная часть машины уже функционировала. Подключение новой памяти позволило выйти на немыслимую по тем временам производительность — 10 тыс. операций в секунду.

Важным результатом создания БЭСМ стало то, что перед учеными и разработчиками различных отраслей техники открылись принципиально новые возможности решения научных и технических задач. С самого начала опытной эксплуатации

машины, наряду с чисто вычислительными задачами, были опробованы первые программы, имитирующие интеллектуальную деятельность человека. Так, например, шахматная программа решала двух- и трехходовые задачи намного быстрее, чем лучшие шахматисты института. Оказались успешными и первые попытки перевода с одного языка на другой. Инженеры, обслуживающие БЭСМ, играли с машиной в простые логические игры (типа «крестики—нолики»).

Но, может быть, не менее важно то, что в процессе разработки первой машины сложился коллектив, состоящий, в основном, из молодых инженеров, фанатично преданных вычислительной технике; она была их работой и их хобби.

СА с самого начала сделал ставку на молодежь. Когда наша девятка студентов МЭИ пришла к Лебедеву, в его лаборатории было только два инженера: П. Головистиков и К. Неслуховский. Мы благополучно защитили дипломные проекты. Защита происходила в стенах ИТМ и ВТ (была создана специальная выездная приемная комиссия). Осталось преодолеть еще один барьер — все мы были распределены в разные места, но не в ИТМ и ВТ. Я, например, — в Пензу, В. Бурцев, В. Мельников, С. Кузнецов, В. Смирягин, А. Федоров и другие из нашей группы — в МГБ. Академик М.А. Лаврентьев, в то время — директор института, куда-то съездил (говорили, что к Л.П. Берия), и нас перераспределили в ИТМ.

Далее коллектив, руководимый Лебедевым, рос, главным образом, за счет ежегодного притока молодых специалистов — выпускников МЭИ, МИФИ, МФТИ, института связи и других вузов Москвы.

С.А. был творческим человеком: он следил за ходом разработки всех устройств БЭСМ, обсуждал ее результаты и сам предлагал решения технических проблем, регулярно встречаясь с нами, молодыми инженерами. Он знал всю машину и участвовал в ее отладке, проводя часы за центральным пультом, отыскивая причины сбоев или отказов.

И во всех следующих разработках вычислительных машин он всячески поощрял оригинальные схемотехнические и конструктивные решения. Он был убежден, что копирование иностранных машин негативно скажется на развитии нашей вычислительной техники и приведет к вечному отставанию параметров наших машин от мирового уровня.

Не удивительно, поэтому, что безламповая машина БЭСМ-6, вся электроника которой была основана на полупроводниковых транзисторах и диодах, и основными разработчиками которой были инженеры, прошедшие школу первой БЭСМ, может быть охарактеризована, как «концептуальная модель» (таким термином на автосалонах называют новые модели автомобилей, имеющие ряд принципиально новых конструкторских решений). Действительно, ни по структуре, ни по логике работы устройств, ни по элементной базе БЭСМ-6 не имела аналогов среди современных ей ЭВМ. Ее особенности, например: виртуальная оперативная память, использование собственной памяти процессора (КЭШ) и многое другое вошло в широкую практику создания следующих поколений ЭВМ через несколько лет после начала серийного выпуска БЭСМ-6.

БЭСМ-6 серийно выпускалась около 20 лет.

## **Из письма А. С. Федорова дочерям и сыну С.А. Лебедева**

«Для меня встреча с Сергеем Алексеевичем стала событием, которое определило всю мою жизнь. Это было почти половину века тому назад. Я счастлив, что почти четверть века работал вместе с Сергеем Алексеевичем, помогал ему, как мог, в решении

главной цели его жизни — разработке и практическому внедрению вычислительной техники в нашей стране, которая стала и моей главной целью.

В самой середине этого уходящего столетия я познакомился и с Алисой Григорьевной и, как мне кажется, я увидел настоящего живого Ангела Хранителя Вашей Семьи. Она — женщина огромного обаяния, мудрости, доброты и целеустремленности, заложила в Вас этот неистребимый оптимизм, который помогает, и будет помогать Вам всем. Да святится имя Ее!».

Ваш Леша Федоров. 17.01.1999.

## **Мои воспоминания о С. А. Лебедеве**

*Я.А. Хетагуров*

С Сергеем Алексеевичем Лебедевым я познакомился в середине 1950 г., когда меня после окончания МВТУ им. Баумана по специальности «точная механика» направили на работу в Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР с правом поступления в аспирантуру.

В это время происходила смена руководства института: вместо академика Н.Г. Бруевича был назначен директором академик М.А. Лаврентьев, вместе с которым пришел и С.А. Лебедев. С их приходом изменилось направление работ ИТМ и ВТ. Главной задачей стало создание цифровой вычислительной машины БЭСМ (быстродействующей электронной счетной машины).

Во вновь созданной лаборатории, под руководством С.А. Лебедева, началась разработка, изготовление и отладка этой машины. Основными разработчиками были молодые выпускники Московского энергетического института и несколько человек из других подразделений института: П.П. Головистиков, В.В. Бардиж и др. Я тоже был подключен к этим работам и участвовал в создании долговременной памяти в составе группы, которой руководила кандидат технических наук М.П. Сычева.

В том же 1950 г. меня приняли в аспирантуру, а научным руководителем назначили С.А. Лебедева.

При первой же встрече С А поставил передо мной ряд условий, в том числе — овладение английским языком для использования зарубежных статей по вычислительной технике, так как в то время основная научно-техническая литература в этой области издавалась за рубежом.

Далее он попросил подготовить предложения по направлению работы для диссертации. Учитывая некоторый опыт работы в МНИИ-1 (Морском научно-исследовательском институте), где я делал диплом и в течение года работал конструктором 11-й категории, а также работу в студенческом научно-техническом обществе МВТУ им. Баумана на кафедре «Приборы управления стрельбой», мною было предложено разработать специальную цифровую счетную машину для решения задач стрельбы. Сергей Алексеевич заинтересовался этим предложением, но окончательное решение было принято после обсуждения вопроса о принципе построения ЗУ в этой машине.

Через год СА освободил меня от работ по БЭСМ, чтобы я стал заниматься только по теме диссертации.

В этот период в институте велась интенсивная круглосуточная работа по созданию БЭСМ, и Сергей Алексеевич, естественно, уделял ей основное внимание. Тем не менее он был постоянно в курсе моей работы и помогал разбираться с теми сложностями, которые обычно возникают при решении новых научных и технических проблем. А поскольку СА был очень занятой человек, то он иногда использовал «нетрадиционную» возможность, чтобы поговорить со мной. Часто такие встречи происходили в буфете института за обедом или ужином, когда можно было беседовать в спокойной обстановке.

За полгода до окончания срока аспирантуры я, как мне казалось, уже написал диссертацию о принципах и схемах построения специализированной цифровой электронной машины для стрельбы. Были промакетированы и изготовлены основные устройства. Но, прочитав работу, СА сказал, что это еще не научная работа, а технический отчет и что надо обосновать и привести доказательства целесообразности принимаемых решений. Таким образом, СА научил меня, как надо «оформлять» научные труды.

При защите диссертации в закрытом Ученом совете Московского энергетического института в 1954 г. развернулась дискуссия о принципах построения цифровых специализированных вычислительных машин, о их надежности и нужности. Интерес Совета был связан с тем, что такая работа впервые рассматривалась в его стенах и была связана с оборонной тематикой. Сергей Алексеевич Лебедев, выступая на Совете, поддержал это направление и отметил его важность для решения задач управления.

После защиты диссертации я остался работать в ИТМ и ВТ. К этому времени в институте было организовано отделение, в которое входили три специальных конструкторских бюро (СКБ) для выполнения работ, связанных с разработкой цифровых вычислительных машин в интересах обороны. Я стал руководителем одного из них.

При проведении новых работ СА обычно создавал две группы разработчиков, которым поручал выполнение различных работ, но решающих одну принципиальную задачу. Такая организация давала возможность определять области рационального использования принятых решений.

В качестве одного из таких примеров можно привести создание устройств съема данных с радиолокационных станций и сопряжение их с вычислительными машинами. Одна группа разработала устройство съема данных с авиационной РЛС, построенное на твердых линиях задержки, а другая группа — с морской РЛС, построенное на магнитном барабане.

Другой пример связан с разработкой принципов построения вычислительной структуры обработки данных системы противоракетной обороны. В одной группе велись работы по варианту сосредоточенной обработки данных, а в другой — распределенной обработки данных.

Еще один пример касается разработки элементов вычислительных машин, при котором одна группа вела работы с преимущественным стремлением получить максимальное быстродействие, а другая — получить высокую надежность работы машины.

Одной из важных особенностей работы СА с нами была свобода выбора принимаемых решений для поставленной задачи. Это создавало творческий климат в каждом ОКБ и развивало инициативу коллектива.

В 1958 г. я перешел по конкурсу работать в МНИИ-1 (ныне НПО «Агат») Министерства судостроительной промышленности на должность начальника лаборатории вычислительной техники. Со мной также перешел ведущий состав ОКБ из ИТМ и ВТ. На это повлияли два обстоятельства. Во-первых, в ИТМ и ВТ в то время для создания и организации производства военных вычислительных машин (в чем я был заинтересован) не было соответствующей инфраструктуры — конструкторских и технологических подразделений с опытом работы с серийными заводами, выпускающими военную технику, и, во-вторых, в МНИИ-1 мне предоставляли квартиру, что в те годы являлось существенным обстоятельством для молодого специалиста.

Тем не менее, в 1960 г., на базе идей, разработанных в ОКБ Института точной механики и вычислительной техники, был создан промышленный образец подвижной цифровой вычислительной машины для узлов ПВО страны — 5Э89. Эта машина производилась до 1990 г.

Эти краткие воспоминания — возможность выразить мою благодарность учителю, крупному ученому и замечательному человеку.

## Отец по жизни

*Г.Т. Артамонов*

На одиннадцатом году жизни, в феврале сорок второго года, я лишился своего отца по крови. Он пропал, как пелось в популярной в ту войну песне, «в белоснежных полях под Москвой».

Через десять лет в сентябре пятьдесят второго года я встретил своего Отца по жизни — Сергея Алексеевича Лебедева. Он в это время пестовал в ИТМ и ВТ свое только начинающее жить чадо — прелестную и строптивую БЭСМ. Позже в далекой жаркой стране это дитя получило более звучное имя — Бэсамэ. Эти аргентинцы или бразильцы (я точно не знаю) каким-то чудом узнали о терзаниях родителя этого чада и без конца повторяли в своей песне «бэсамэ мучо». Точно, помучила Бэсамэ Отца изрядно.

Растолкав толпившихся вокруг Отца крутых МЭИшников (Володя Мельников, Сева Бурцев, Валя Лаут, Марк Тяпкин и др.), я (тогда Герка Артамонов), мехматский дипломник из мытищинской шпаны, удостоился стать его самозванным сыном и слабым помощником в трудном, бесконечно увлекательном и благодарном деле — создании думającego рукотворного чуда.

Слова «думające чудо» я привожу без кавычек, ибо не однажды был свидетелем разумного поведения Бэсамэ. Особенно четко это проявлялось в ситуациях, когда от ее поведения зависела оценка начальством результатов ее пестования Отцом и его командой. В пятьдесят третьем году возможности Бэсамэ проверяла комиссия Академии наук во главе с академиком Келдышем. Демонстрировать эти возможности решили на задаче вычисления обратной матрицы двадцатого порядка. Задача решалась минут двадцать, а среднее время между сбоями у строптивицы в тот момент было того же порядка.

Конечно, пока Отец развлекал комиссию сказками о Бэсамэ и чаем, мы подготовили обходной вариант. Но, о чудо, с появлением в машинном зале комиссии в сопровождении Отца Бэсамэ взяла себя в руки и не сбилась ни разу за время многократного обращения матриц и проверки результатов обращения путем выдачи на печать результатов произведения исходной и обратной матриц, чем привела в восторг высокую комиссию.

Правда, комиссию больше интересовал вопрос: «А можно ли научить Бэсамэ играть в винт?» Получив утвердительный ответ, комиссия удалилась подписывать акт о приемке машины.

Второй убедительный и незабываемый эпизод преклонения Бэсамэ перед Отцом случился в пятьдесят шестом году. Высокое начальство устроило тараканьи бега — состязания двух машин на решении одной задачи. Бэсамэ и «Стрела» (конструктор Базилевский из СКБ 235) должны были решить линейную задачу о взрыве.

Считала машина всю ночь, а Отец маялся в своем кабинете, сидя в кресле на ноге и рисуя чертиков на пачке папирос Казбек. Его вера в Бэсамэ была столь велика, что он спустился к ней только утром, когда все закончилось благополучно. Бэсамэ, конечно, не подвела.

Да и спустился он не потому, что хотел удостовериться в благополучном исходе ночи для своих детей (ведь Валя сушил фотопленку с помощью чистого спирта, а состав бригады при Бэсамэ не был малопьющим), а потому, что у него кончился Казбек. Войдя в машинный зал, он не поздравил нас с благополучным окончанием бегов, а произнес: «Гера, дай закурить».

Эта ночь принесла создателям обеих машин признание властей в виде орденов и медалей (а нам очень не помешала бы Ленинская премия, но увы!). Отец был

официально назван тем, кем он всегда был, Героем Труда. Мужа-трудоголика забывенная Алиса из страны чудес силой отрывала от всемогущих и всемогущих бдений над очередной Бэсамэ и увозила в свой мир на Песчаную или в Звенигород.

Отец остался Человеком до конца жизни. На мой вопрос: «Как жизнь, Сергей Алексеевич?», он, сидя на ноге, сказал: «Как говорил Миша Светлов (известный поэт), живу хорошо — вся моча идет на анализы». Это было за полгода до его кончины.

Я не знаю, что будет потом, но пока я жив, дух Отца всегда будет со мною рядом. Созданные им машины в свое время лишь немного уступали лучшим американским образцам, а по некоторым параметрам превосходили их. Не вина Отца в последующем стремительном отрыве от нас западного мира на пути в информационное общество. Дорога в это общество в странах, где действует презумпция открытости информации о деятельности властей и монополий, стелется скатертью. Нам приходилось, да и сейчас еще приходится, продираться через тернии презумпции закрытости информации.

## Запоздалые воспоминания о Сергее Алексеевиче Лебедеве

*В.И. Смирнов*

Сейчас, когда уже много лет нет с нами Сергея Алексеевича и когда его ученики прошли тот возраст, в котором он руководил работами по созданию первых отечественных вычислительных машин, многое осмысливается по-другому. Справедливо сказано — «большое видится на расстоянии».

Становится понятной та огромная роль ученого, сумевшего «в суматохе явлений» оценить зарождение судьбоносного научно-технического направления; определить, предложить и реализовать уже на самом первом этапе основополагающие решения; видеть перспективы их развития и руководить их воплощением.

Можно считать, что нам крупно повезло в том, что на том историческом этапе научно-технического развития, когда электронные вычислительные машины с программным управлением неизбежно должны были появиться на свет, нашелся такой ученый, который уже всеми своими предыдущими работами был подготовлен возглавить становление вычислительной техники в нашей стране.

Именно сейчас, наблюдая небывало бурное развитие самой вычислительной техники и ее проникновение буквально во все сферы науки и жизни общества, приходится удивляться прозорливости человека, которого мы с полным основанием можем считать одним из основоположников вычислительной техники мирового уровня.

Думаю, что считать так мне дают и личные наблюдения и выводы, поскольку Сергей Алексеевич решающим образом определил направление моего становления как специалиста.

В конце 1953 г., как я предполагаю, Сергей Алексеевич четко понимал, что базисная структура универсальной вычислительной машины достаточно отчетливо выкристаллизовалась, и пути технического совершенствования отдельных ее функциональных компонентов увязываются с общим научно-техническим прогрессом.

С другой стороны, стала осознаваться важность проблемы программирования и настоятельная необходимость радикального облегчения труда программистов. В самых общих чертах пути решения этой проблемы заключались в использовании для этой цели самой программно-управляемой машины. Думаю, что Сергей Алексеевич интуитивно чувствовал определенные возможности поддержки решения этой проблемы путем совершенствования структуры программно-управляемой машины. Вероятно поэтому он определил тему диссертационной работы (ни много ни мало) как

«Автоматизация программирования» для только что ускоренно окончившего МЭИ «зеленого» инженера, коим я и оказался.

Как потом выяснилось, это вполне соответствовало стилю работы Сергея Алексеевича и не только с аспирантами. Он не «кормил с ложки», а формулировал актуальную задачу и способствовал инициативе по ее решению. А постановка такой общей, но перспективной задачи, позволяла разобраться во всей взаимосвязанной цепочке — формулировке задачи, выборе метода численного решения, оптимального алгоритма и написании программы, и видеть взаимосвязь всех этих этапов с системой команд, структурой вычислительной машины и параметрами ее отдельных функциональных компонентов, т. е. того, что я склонен называть структурой и архитектурой вычислительных машин и систем. Работа в этом направлении позволила мне заложить фундамент для понимания проблем, тенденций развития вычислительной техники и оценки способов решения задач, возникавших при конкретном проектировании.

В тот период никто из его окружения не обладал такой широтой взглядов и требуемым опытом. Помимо полного владения всеми тонкостями разработанных под его руководством ЭВМ, он мог на удивление многим в трудные наладочные моменты, задрав на лоб очки, починить сломавшееся электромагнитное реле; на языке критериев устойчивости срочно по телефону обсудить со светилами возникшую проблему в приводе магнитной ленты; оценить эффективность реализации вычислительных методов математической физики для различных рассматриваемых вариантов структуры и параметров вычислительной машины.

Мне кажется, что только он еще в середине 50-х годов мог так конкретно и в то же время перспективно поставить задачу о распараллеливании, которая предвосхитила целое направление так называемых векторных машин. Показав таблицу распределения ламп в БЭСМ и проектировавшейся тогда М-20, Сергей Алексеевич заметил, что собственно «рабочая лошадка» (арифметическое устройство) содержит приблизительно 1/4 от общего количества ламп в той и другой машине, остальная же часть оборудования обеспечивает работу, не будучи так интенсивно загруженной, и попросил рассмотреть возможность подключения четырех арифметических устройств к общему управлению, памяти и управлению внешними устройствами.

Сейчас даже начинающий скажет, что это архитектура типа SIMD (один поток команд — много потоков данных) по классификации Флинна, являющаяся основой векторных машин, и что значат 4 какие-то АУ по сравнению с 64 (в плане 256) процессорами в вычислительной системе ILLIAC IV. Но сколько усилий надо было приложить и сколько непонимания надо было встретить, чтобы прийти к формулировке распараллеливания программных циклов и оптимальной структурной организации такой машины. Вот где в полной мере пригодились знания, полученные в период поисков решения задачи автоматизации программирования.

Вспоминаю свое увлечение идеей распространения такого типа распараллеливания на возможно более широкий круг задач, приведшее к необходимости очередной смены темы диссертации. Сергей Алексеевич в очередной раз, напомнив выражение Козьмы Пруткова о том, что нельзя объять необъятное, тем не менее, не откладывая дело в долгий ящик (что было характерно для его стиля работы), тут же связался с академиком А.А. Дородницыным и более четко изложил суть вопроса. Через пятнадцать минут я был у А.А. Дородницына, а еще через десять минут у Олега Белоцерковского, дружелюбно встретившего меня и не пожалевшего времени для обстоятельного введения меня в детали применяемого ими вычислительного метода. Этот эпизод часто вспоминался мне в последующем, когда для выхода на прямой разговор со специалистами надо было пройти вверх-вниз по иерархической лестнице, каждая ступень которой была преисполнена важности и своей многозначительности на этом пути.

Вообще, период второй половины 50-х годов был чрезвычайно интересным и богатым на «фонтанирование» идей, сохранившихся и в современных микропроцессорах, но чаще под другими названиями, и воспринимаемых молодым поколением как нечто совершенно новое. Обидно, что, в силу некоторых специфических факторов того времени, наши совершенно самостоятельные идеи и структурные решения оставались неизвестными широкой научно-технической общественности и приходили к нам с Запада в виде реализованных проектов (STRETCH, LARC) и англоязычной терминологии (interleaving и т.п.). Я думаю, ветераны ИТМ и ВТ могли бы многое вспомнить на этот счет.

Внутренняя научно-техническая жизнь ИТМ и ВТ при Сергее Алексеевиче была несравнимо более активной, чем в последующие периоды. Под руководством и покровительством Сергея Алексеевича проводились разнообразные тематические семинары и конференции, можно было присутствовать на заседаниях научно-технического и Ученого советов. Однако эта активность за стенами института не бросалась в глаза. Сергей Алексеевич не любил шумиху и полагал, что имидж, как это сейчас модно говорить, создается в первую очередь широким применением и надежной работой создаваемых институтом вычислительных машин.

Диссонансом в активной творческой жизни ИТМ и ВТ времен Сергея Алексеевича явилось использование конференц-зала Института для попытки присоединения к разгрому «лженауки кибернетики», предпринятое его партийными руководителями в середине 50-х годов. В то время я посещал в МГУ семинары Ляпунова и мне бросались в глаза недостаточность интеллектуального потенциала партийных критиков и предвзятость их идеологических обоснований.

Далее я позволю себе частично вторгнуться в творческую «лабораторию» Сергея Алексеевича и высказать некоторые субъективные выводы на основании встреч с этим удивительным человеком, которые подарила мне судьба.

На мой взгляд, судить о том, что являлось главным для Сергея Алексеевича как ученого и руководителя, можно по тому, чему посвящалось драгоценное для сверхзагруженного директора и академика время так называемого отдыха, и по шкале предпочтений текущих дел. Сергей Алексеевич не просто искренне интересовался всеми проблемами дальнейшего развития вычислительной техники, он ими жил.

Казалось бы, что могло заставить его игнорировать звонки даже очень важных персон, о которых растерянно сообщала Валентина Семеновна (секретарь Сергея Алексеевича) во время обсуждения очередного моего отчета по аспирантской работе. А Сергей Алексеевич в своей известной позе (сдвинув очки на лоб и сидя на поджатой калачиком ноге) совершенно на равных обсуждал идеи и варианты решения возникающих проблем, задавая вопросы и погружаясь иногда в довольно продолжительное раздумье. Помню отнюдь не благосклонные взгляды томившихся в «предбаннике» начальников со срочными оперативными вопросами после такого рода бесед, продолжавшихся не один час.

Позднее, во время проектирования БЭСМ-6, Сергей Алексеевич вдруг неожиданно приглашал меня на дачу в Луцыно на субботу и воскресенье, не забывая выслать автомашину к ближайшей железнодорожной станции. Прекрасный сосновый лес, пропитанный ароматом смолы воздух, сверкающая на солнце лента Москва-реки под высоким берегом. Казалось бы, все взывало к «томной неге» и отдыху после напряженной рабочей недели. Но после бодрящего утреннего купания мы располагались на веранде и увлеченно обсуждали мельчайшие детали возможных вариантов взаимодействия различных функциональных узлов, особенно, помню, буфера на стыке устройства управления и арифметического устройства, вызывавшего в тот момент много споров при проектировании. Дискуссии иногда были довольно продолжительными. Надо сказать, что Сергей Алексеевич умел выслушивать и ценил

мнение оппонента. Обсуждение могло продолжаться до самого вечера, прерываясь на обед, да на охлаждение головы и тела в водах Москва-реки.

В этом свете представляется и вполне естественным поведение Сергея Алексеевича при очередной государственной кампании, на этот раз называвшейся компьютеризацией. Помню сладостно-томительное ожидание возможных высоких постов некоторым окружением Сергея Алексеевича, толкавшим его на то, чтобы не упустить эту достаточно уникальную ситуацию и возглавить работы в этом направлении. Но собственно тогда было достаточно ясно, что в тех условиях и в те сроки невозможно было разработать общеприемлемую научно-техническую концепцию архитектуры вычислительных машин, и задача свелась бы к огромной чисто административной работе по реализации архитектуры системы IBM 360. Думаю, что Сергей Алексеевич это понимал и на этот счет имел собственное видение будущего развития вычислительной техники.

Мне представляется, что все мы, работавшие с Сергеем Алексеевичем и погруженные в решение и конкретных общих, и мелких текущих задач, не всегда тогда понимали или недооценивали его отдельные высказывания и замечания. Помню, как я был поражен глубиной обобщения предложенных мною путей сокращения времени вычислений, сформулированного Сергеем Алексеевичем на одной из конференций, как набора процессов, развертываемых в пространстве.

Не понималось, с другой стороны, и то, зачем Сергею Алексеевичу необходимо было так дотошно вникать, например, в некоторые мельчайшие детали функциональных узлов машины и их взаимодействия, зная, что их практическая реализация зависит от многих факторов и будет достаточно квалифицированно выполнена его учениками. Дело, на мой взгляд, в том, что Сергей Алексеевич при всей широте и глубине понимания существа ставящихся задач, всегда хотел видеть реальное воплощение своих замыслов. Для этого, наряду с общей постановкой, он выделял ключевые моменты, определявшие реальность решения задачи. Их он и рассматривал с особой тщательностью.

Только со временем я смог проникнуться и поразиться той целеустремленности и той работе, которую Сергей Алексеевич проделал для воплощения своей следующей после создания первых ЭВМ «сверхзадачи», достойной XXI века, которая заключалась в радикальном упрощении проектирования и сокращении сроков изготовления вычислительных машин различного назначения на базе использования самих вычислительных машин и передовых технологий.

Развивавшиеся средства автоматизации проектирования предоставляли универсальный инструментарий для облегчения проектирования на достаточно низком уровне описания (логика, регистры). Описание на более высоком функциональном уровне связано с выделением функциональных блоков, их параметризацией и составлением библиотеки, а эта работа требует глубокого понимания и учета перспективы развития. Именно это и ставил себе целью Сергей Алексеевич для структур универсальных машин, влезая в детали функциональных блоков и их взаимодействия.

Далее для практического воплощения, к чему всегда и стремился Сергей Алексеевич, необходимо было ценить возможности перспективных технологий, что опять-таки требовало деталей в ключевых позициях. И такая работа, связанная, например, с технологией «электронного луча», проводилась при его непосредственной поддержке. Об этом, надеюсь, более подробно могли бы рассказать те, кто принимал непосредственное участие в технологических работах.

Вспоминая Сергея Алексеевича, хотелось бы высказать несколько слов о стиле его руководства работой и общения с коллективом. Мягкое, уважительное, деловое и вместе с тем требовательное отношение настраивало на всестороннее и объективное обсуждение любого вопроса. Не было попытки подчеркивания значимости своего собственного мнения и злоупотребления временем на его высказывание. В моем

представлении, это было отражением глубокой внутренней культуры передовых представителей российской интеллигенции. Поневоле напрашивались сравнения со стилем некоторых руководителей научно-технического прогресса, у которых, отсутствие собственного анализа заменялось подчеркиванием многозначительности их положения и поведения, а серьезность аргументации и требовательность — крепостью «народной» лексики. Думаю, что именно Сергеем Алексеевичем была заложена та атмосфера открытости, дружелюбного взаимопонимания и терпимости, которой, как признавалось, отличалась руководимая им 1-я лаборатория и которая сохранялась при последующих руководителях: Владимире Андреевиче Мельникове и Андрее Андреевиче Соколове.

## **Справедливость, доверие, требовательность, доброта**

*А.Н. Томилин*

Сергей Алексеевич Лебедев был человеком радующим и вдохновляющим.

Ему было активно присуще чувство справедливости. Он был одинаково заботлив по отношению ко всем, кто работал с ним — ведущим сотрудникам, молодым специалистам. Вспоминая давний период подготовки и проведения испытаний ЭВМ БЭСМ-2 в Ульяновске на заводе имени Володарского. На испытания приехал Сергей Алексеевич и был с нами весь период испытаний, поддерживая нас как добрыми советами («Не спеши, Володя...», «не теряй время, Саша...»), так и игрой в шахматы... Потом выяснилось, что Сергей Алексеевич приезжал не только на испытания. На настойчивые предложения высоких инстанций дать согласие на включение себя в список на высокую премию за создание машины М-20, но без других сотрудников Института точной механики и вычислительной техники, принимавших участие в ее разработке, Сергей Алексеевич отвечал отказом и от нажимающих на него чиновников скрылся...

Доверие также всегда было в основе отношения Сергея Алексеевича к людям. Метод управления «от вахтера» он категорически отвергал. Когда при переходе института в ведение Министерства радиопромышленности была попытка установить в институте «режимные» порядки, Сергей Алексеевич этому воспротивился — «вертушка» в проходной Института при нем и долгое время после так и не появлялась...

Сергей Алексеевич всегда умел создавать в разговорах с сотрудниками атмосферу ответственного отношения к делам, ощущения у сотрудников равноправного взаимодействия с ним, успешно убеждал в необходимости выполнения своих требований. В процессе моей совместной работы с инженерами-разработчиками по моделированию структуры ЭВМ БЭСМ-6, Сергей Алексеевич проверял результаты проводимого мною точного имитационного моделирования структуры машины с помощью выполнения приближенных расчетов по формулам теории массового обслуживания. Для этого им была написана программа для инструментальной ЭВМ. Свою работу по моделированию Сергей Алексеевич проводил всегда в установленный срок и собственным примером требовал с меня того же.

Сергей Алексеевич всегда умел признавать свои ошибки. При написании упомянутой моделирующей программы, он говорил, что напишет ее без ошибок. Когда же при счете ошибка все же обнаружилась, Сергей Алексеевич на измененном им тексте программы написал: «Лев Николаевич (Л. Н. Королев) оказался прав, программ без ошибок не бывает...». Я долго хранил у себя программу с этой надписью и передал ее в открывшийся в ИТМ и ВТ музей С. А. Лебедева.

Во всякой обстановке своего общения с сотрудниками, Сергей Алексеевич проявлял к ним исключительно доброе отношение. Всегда улыбаясь навстречу, он обращался по имени и как-то особенно певуче говорил — «Приве-е-е-ет!» На нас это действовало вдохновляюще. Сергей Алексеевич при возможности всегда стремился принять участие в коллективных мероприятиях, будь то юбилей лаборатории, новоселье у сотрудника, поездка в целях отдыха вдесятером на «газике» вблизи Балхаша...

Все эти уроки простого и мудрого человека необходимы и сейчас, даже особенно необходимы, так как большая сложность задач требует большей отдачи, что может быть достигнуто только взаимными справедливостью, доверием, требовательностью и добротой.

## Из Физтеха в ИТМ и ВТ

*И. К. Хайлов*

В 1951 г. я поступил в Московский физико-технический институт по специальности «машинная математика». Это был первый прием по данной специальности, базовая кафедра для нее находилась в ИТМ и ВТ АН СССР и ей руководил С.А. Лебедев. Уже летом 1952 г. мы проходили месячную практику в ИТМ и ВТ, тогда же состоялось первое краткое знакомство с Сергеем Алексеевичем. А осенью того же года он начал читать нам курс по основам ЭВМ. До диплома мы не так уж тесно общались с С.А. Но общее впечатление осталось. Это удивительно ровное, спокойное и доброжелательное к нам студентам отношение, если хотите, даже в чем-то равное. На старших курсах мы были зачислены в штат по совместительству. В качестве темы диплома мне и моему сокурснику М. И. Нечепуренко была предложена интересная тема «ЭВМ для звуковой разведки в артиллерии» (аппаратная и математическая части соответственно) в интересах Министерства обороны. Начальный подход к решению задачи мы обсуждали с С.А. Руководителем моей дипломной работы был назначен известный специалист Я. А. Хетагуров.

Вспоминается один интересный эпизод тех времен. Дипломы мы обмывали в ресторане «Арагви». Были приглашены, естественно, все наши руководители и С.А. Среди нас, выпускников, были распределены обязанности по проведению данного мероприятия. Мне досталось встретить С.А. у входа в ресторан и отвезти его домой по окончании мероприятия. Не помню, по какой причине у него в тот день не было персональной машины. Мне соответственно были отпущены средства. В ресторане ближе к концу вечера С.А. встретился ряд видных ученых, из которых мне запомнились известные математики С. М. Никольский и И.Н. Векуа. Эта встреча ими была хорошо отмечена. Я знал только адрес дома С.А. на Новопесчаной улице, а номера подъезда не знал. Когда мы подъехали к дому, С.А., не задумываясь, двинулся к ближайшему подъезду. Видимо, это была привычка, что шофер подвозил ближе к его подъезду. Но я почему-то засомневался, и когда подошли к подъезду, я вдруг увидел на стене список ответственных жильцов. Фамилии С. А. Лебедева я там не нашел, остановил С.А. и прокомментировал создавшуюся ситуацию. С.А. ненадолго задумался, а потом сказал «Алгоритм будет простой — пошли по кругу». И мы пошли по кругу. Я останавливался у подъезда, читал очередной список, и мы двигались дальше. Нужный подъезд оказался последним. Мы зашли к дому не с той стороны. «А дальше алгоритм такой — ты остаешься внизу, а я доберусь сам». На том и порешили.

После защиты диплома мне и ряду других молодых специалистов доверили участвовать в разработке машины М-40. И далее наступил период, когда с С.А. мы начали общаться часто и, можно сказать, в «семейной» обстановке. Это период, когда шла настройка М-40 на полигоне, обслуживание при боевой работе, модернизация.

СА жил с нами в одном солдатском бараке, удобства во дворе, питание в общепите. Сносил с нами и жару и холод, удачи и неудачи. Удачи, как водится, отмечали за общим столом. А неудачи — молча, постукивая папиросой о пачку «КАЗБЕКА», сидя рядом с нами у пульта машины. Постепенно жизнь на полигоне улучшалась, мы заимели два домика рядом с озером, завелись и своя домашняя кухня, огородик, ванная и бильярд. Но чудесная атмосфера общезития ничуть не изменилась. Мы были единым коллективом и, главное, очень и очень молодым. СА нам доверял и мы старались оправдать это доверие. Чудесны были выезды на природу, на рыбалку. И здесь СА также всегда был свой.

Где-то в 1965 г. мне доверили руководить в должности заместителя Главного конструктора разработкой нового тогда направления для Института, созданием высокопроизводительной возимой ЭВМ 5Э65.

Мне многому тогда пришлось учиться. В практическом плане неоценимую помощь тогда оказал мой старший товарищ В. С. Бурцев. Но мне приходилось частенько просить совета и помощи и у СА, если, так можно выразиться, в «политических» вопросах, когда требовалось лоббировать наши интересы в верхах — в МРП, МО, ВПК при Совмине. Тогда, когда требовался высокий авторитет, которым обладал СА. Но СА доверял мне многие дела, приучая и к «политике». Так однажды попросил меня в его присутствии сделать сообщение в ВПК.

Работу над 5Э65 и 5Э67 на высоком доверии я считаю замечательным этапом своей трудовой деятельности. Недавно в телефонном разговоре сотрудник «Алмаза» В. С. Селиванов упомянул мою «подпольную» кличку Гоша. Я спросил, откуда он ее знает. Один из Главных конструкторов Черномырдик после встречи с СА рассказал: «Вызвал он нескольких конструкторов и представил их мне — Сева, Боб, Гоша. Не институт, а банда какая-то (улыбаясь)».

## Воспоминания о С.А. Лебедеве

*Ю.И. Митропольский*

Мне посчастливилось работать в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР с 1963 по 1978 гг., в пору моей молодости, расцвета Института и отечественной вычислительной техники.

Моя первая встреча с Сергеем Алексеевичем Лебедевым состоялась при поступлении на работу в институт. Во время беседы Сергей Алексеевич интересовался, чем я занимаюсь и каковы мои интересы. Он очень внимательно отнесся ко мне, расспрашивая даже о деталях моей работы. В частности, в завершение беседы он спросил, умею ли я паять. Я ответил, что, конечно, умею, но надеюсь, что мне не придется этим заниматься. Я, естественно, тогда не знал, что Сергей Алексеевич при наладке БЭСМ часто сам перепайвал схемы машины.

Я поступил в лабораторию № 1, которой руководил Владимир Андреевич Мельников. Через некоторое время он поручил мне редактирование проекта по вычислительной системе БЭСМ-16, которая по планам должна была создаваться вслед за разрабатывавшейся в то время машиной БЭСМ-6. Все принципиальные вопросы редактирования решал Сергей Алексеевич, однако, он не отвергал мои предложения, а обсуждения вариантов текста проходили весьма демократично.

Следующее мое общение с Сергеем Алексеевичем было связано с обсуждением методологии разработки документации машины БЭСМ-6 и формы ее представления. В соответствии с принятыми тогда нормами и устоявшимися традициями разрабатывались принципиальные схемы устройств. Эти схемы для каждого устройства состояли из десятков листов большого формата. Составление этих схем мог выполнять

только сам разработчик. Большой объем графической информации и нерегулярность схем приводила к значительной трудоемкости при их составлении и использовании.

Для более компактного описания логических схем Владимир Иванович Смирнов предложил их формульное описание, однако оно не обеспечивало полного описания всех конструктивных элементов схем. Мною была предложена система таблиц для схем отдельных блоков, так называемых карточек, на которых показывалась схема диодного блока или таблица для усилительного блока, а также указывались все связи данного блока с другими. Благодаря этой системе вся схемная документация приобретала регулярный характер, ускорялся поиск нужной схемы и цепи, а главное, сокращался объем графической работы, при этом основную работу по заполнению карточек могли выполнять техники.

Мнения по поводу этой системы в лаборатории разделились. Ее противники утверждали, что без привычных схем будет трудно разобраться другим людям, например, наладчикам на заводе. Окончательное решение должен был принять Сергей Алексеевич. На совещании он внимательно выслушал все мнения и предложил воспользоваться принципом «бани», который содержался в ответе мудреца на вопрос строителей, строгать ли доски для пола в бане. Мудрец ответил, что строгать надо с одной стороны, а укладывать строганной стороной вниз. Сергей Алексеевич решил поддержать новые идеи, но не хотел вносить раскол в коллективе. Он предложил опробовать новую систему и найти способ согласования с существующими конструкторскими нормами. В дальнейшем данная система легла в основу системы автоматизированного проектирования для вычислительной системы АС-6, а документация БЭСМ-6 была перевыпущена на заводе «САМ» с помощью этой системы автоматизированного проектирования.

Мне посчастливилось в течение 30 лет проработать под руководством ученика Сергея Алексеевича Лебедева академика Владимира Андреевича Мельникова: в ИТМ и ВТ АН СССР участвовать в разработке ЭВМ БЭСМ-6 и системы обработки данных АС-6, в НИИ «Дельта» и в Институте проблем кибернетики РАН — в разработке суперЭВМ «Электроника СС БИС». С моей точки зрения исключительно важным обстоятельством, оказавшим решающее влияние на успех этих разработок, явилась атмосфера в коллективе, объединявшая всех сотрудников во имя достижения единой цели. Обсуждение всех научных и технических проблем в основном происходило в неформальной обстановке. Естественно, что возникали споры, но они, как правило, только способствовали нахождению наилучшего решения.

Очень памятна для меня защита кандидатской диссертации. Заседание Специализированного совета вел сам Сергей Алексеевич. Фактически он дал мне путевку в науку.

Так сложилось, что после прекращения работ по системе «Электроника СС БИС» и ликвидации ИПК РАН я вместе с коллективом был переведен во вновь созданный Институт высокопроизводительных вычислительных систем РАН, которым руководил ученик Сергея Алексеевича Лебедева академик Всеволод Сергеевич Бурцев. К числу ряда фундаментальных исследований по различным направлениям создания высокопроизводительных вычислительных систем, проводимых под руководством Всеволода Сергеевича Бурцева, относятся и исследования по неоднородным вычислительным суперсистемам, которые успешно удалось развить нашему коллективу.

В заключение мне хотелось бы отметить, что два принципа Сергея Алексеевича Лебедева — принцип «водопровода», нашедший воплощение прежде всего в конвейерной структуре БЭСМ-6, и уже упоминавшийся принцип «бани» в настоящее время приобретают еще большее значение для высокопроизводительных систем. Схемотехника ультрабольших интегральных схем, число транзисторов в которых в ближайшей перспективе достигнет 1 млрд, с целью сокращения потерь на распространение сигналов должна строиться в основном по конвейерному принципу.

При этом увеличение длины конвейера за счет объединения в цепочки десятков или даже сотен функциональных устройств обеспечит многократное повышение производительности одного процессора, однако для эффективного использования такой архитектуры нужны новые вычислительные методы. Принцип «бани» актуален как при разработке структуры вычислительных систем, так и при создании методологии их использования. В вычислительных системах и особенно в суперсистемах, по всей видимости, будет иметь место объединение подсистем с различной архитектурой, что должно способствовать повышению их производительности при решении самых разных задач. Расширение сфер применения вычислительных систем приведет к формулировке новых идей, которые будут реализованы аппаратными и программными средствами.

## Встреча с С.А. Лебедевым

*Д.Б. Юдин*

С академиком С. А. Лебедевым я познакомился в 1961 г. на его даче, куда прибыл, чтобы пожаловаться на его сына Сергея — сотрудника моей группы в НИИ-5.

Сначала несколько слов о том, как Сергей попал в наш институт. После войны я посещал лекции и семинары Андрея Николаевича Колмогорова в МГУ. Я слушал АН еще в студенческие годы, когда он приезжал в Днепропетровск читать лекции в ДГУ и кататься на лодке по Днепру. АН узнал меня и однажды после семинара стал расспрашивать о своих учениках из Днепропетровска. Я рассказал все, что знал, и заодно попросил АН направлять в НИИ-5 толковых выпускников мехмата. Так возникла в НИИ-5 математическая лаборатория, в которую попал и Сергей Сергеевич.

Многие из математиков этой лаборатории сейчас видные ученые России и зарубежья. Сотрудники лаборатории выполнили ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Это, однако, не мешало им завоевать в институте скандальную известность отнюдь не безобидными выходками. Заводилой этих поступков обычно был Сергей Сергеевич. До поры до времени успехи лаборатории позволяли руководителям отдела смотреть сквозь пальцы на шалости молодых сотрудников. Обычно ограничивались выговорами и нотациями. Чашу терпения начальства переполнило сообразительство Сергея к очередному Съезду комсомола. В красочно оформленном документе он писал:

«Идя навстречу Съезду, обязуюсь отработать футбольный прием — удар пяткой через голову». Это обязательство попало в партком. Было приказано разобраться и наказать. Начальник отдела не решился исключить из института сына академика.

Пожаловаться С.А. Лебедеву на сына было поручено делегации из трех членов парткома отдела. Так, в ее составе я попал на дачу к Сергею Алексеевичу. Внимательно выслушав жалобы на сына, СА сказал: «Вам что, больше делать нечего, как заниматься такой чепухой?»

После этого пошел приятный разговор, совсем не связанный с целью посещения. Я узнал много нового и интересного о свежих идеях, еще не реализованных в вычислительных машинах, о трудностях в проектировании, о разработке и внедрении БЭСМ... Распрощались мы друзьями.

## Раздел 7 ДРУЗЬЯ ШУТЯТ

### Семейные байки

*Екатерина Осечинская (Лебедева), Игорь Осечинский*

«Настоящий мужчина должен построить дом,  
посадить дерево, родить сына и создать ЭВМ»

*Восточная мудрость*

Чего только не случалось в семье Сергея Алексеевича и Алисы Григорьевны Лебедевых! Если все пересказать — редкий читатель долетит до середины без головокружения и ряби в глазах. Поэтому мы постарались расставить по порядку избранные байки и изложить их покороче. И позволили себе на американский манер сократить имена главных героев до инициалов — СА и АГ.

Юная Алиса была консерваторской девицей и подруг имела, естественно, из мира искусств: Дина — скрипачка, Аннушка — художница. Круг знакомств расширился за счет артистических связей, в образовавшуюся компанию были вовлечены также избранные друзья и родственники. Через сестру-художницу Татьяну Маврину, учившуюся с Аннушкой во ВХУТЕМАСе, появился в компании и молодой ученый Сергей Лебедев. Он быстро освоился в ней и особенно подружился с Исаем Ритманом — бывшим комиссаром полка Конармии. Рубака и храбрец, Исай опоясывал ремнем на одну и ту же дырочку и голову и талию. Сергей, хоть и не был кавалеристом, легко проделывал то же самое, причем сохранил способность к этому фокусу на всю жизнь, тогда как талия Исаея постепенно выросла из этого объема и очень заметно. У Аннушки было множество ухажеров, но выбрала она именно Исаея...

Хотя у Алисы тоже было немало поклонников, наверняка она сразу заметила Сергея. Ответный же интерес проявился в форме инцидента на пляже. АГ, всегда с почтением относившаяся к глубокой воде, плыла вдумчиво и даже величественно вдоль речного берега, когда в пене и брызгах перед нею внезапно возник поднырнувший СА.

Конечно, роман развивался не без препятствий. Как везде и всегда, родственники вначале не слишком благоволили этой паре. Семья склоняла СА к союзу с подружкой сестры Татьяны по ВХУТЕМАСу. Ревнивая память АГ не сохранила имени этой подружки, а только прозвище — Фунтик. Мыслимо ли с такой кличкой быть соперницей АГ?!

Мама АГ, Елизавета Сергеевна, выделяла среди ухажеров дочери некоего элегантного пройдоху. Она любила беседовать с ним по-французски и полностью ему доверяла. Когда же к АГ заходил скромно одетый СА, да еще в очках, бабушка каждую минуту забегала в комнату дочери поглядеть на настенные часы: «Мои что-то испортились».

Приятный маме кавалер как-то повел АГ в театр. В фойе он галантно понес пальто на вешалку и, лавируя в толпе, поднял ботинки своей дамы над головой. Бросивши

взгляд вверх и увидев, как они просят каши, кавалер крайне смутился и поспешно спрятал ботинки за спину. Это проявление снобизма лишило его и без того слабых надежд.

Так или иначе, родственникам удалось несколько натянуть отношения СА и АГ. Тут подвернулся какой-то деловой тип и пригласил АГ секретарем в командировку (по другой версии — на гастроли театра, в котором АГ играла не последнюю роль) не то в Нижний Тагил, не то в Верхнюю Туру, и она в сердцах согласилась (да и подзаработать надо было). Но работодатель вдруг стал домогаться АГ в гостинице. АГ стукнула его по темени хрустальной пепельницей, вытолкала в коридор, заперлась, подумала немножко и сделала самый важный в жизни шаг — телеграфировала в Москву. СА первым же поездом примчался, увез ее домой, сводил в цирк, и молодые заключили брак.

Как мы видим, СА, при всей его методичности и тщательности, в нужный момент умел быть стремительным в решениях, как граф Суворов, на которого был похож и внешне. Захлебнувшаяся в ванночке месячная дочь Наташа была спасена им путем решительного встряхивания за ножки (до сих пор Наташа очень аккуратно купается в ванне — мало кто отважится повторить этот прием). СА с одинаковым проворством тушил «зажигалки» на крыше с помощью песка и новогоднюю елку с помощью дамской шубы. Сын Сережа, в нежном возрасте пытавшийся курить и таскать папиросы для дворового вымогателя, был немедленно наказан отцом и с тех пор уже 60 лет не курит, не берет чужого без спроса и практически не врет. Увы, среди причин экзекуции не фигурировали вино и женщины.

До свадьбы СА был с АГ на «ты», а после свадьбы — на «Вы». «Почему?», — спрашивала АГ. «Вас так много», — отвечал СА.

АГ легко освоилась в кругу коллег СА и ее очень забавляло сочетание фамилий Свечарник и Нетушил. Молодые не имели своего угла и какое-то время скитались по друзьям. Так, им оказал приют муж сестры АГ, журналист Макс Блюменфельд в большой квартире в Кривоарбатском переулке, где после уплотнения он занимал одну комнату. В соседней комнате жил шестилетний мальчик Зига, которого сегодня зовут академик Педагогической Академии РФ и Польской АН Сигурд Оттович Шмидт. Ребенок на всю жизнь запомнил, как СА и АГ курили, хохотали и целовались на бабушкином сундуке в прихожей. Странные изгибы судьбы — недавно Наташа Лебедева помогала Зиге принять Президента Польской АН пана Гейштора в этой же квартире, играя роль хозяйки.

Квартирный вопрос не успел испортить молодую семью. Вскоре СА получил две комнаты в маленькой коммунальной квартире в доме ВЭИ.

Через несколько лет бедный Макс был арестован как троцкист и пропал.

В тридцатитрехлетнем возрасте СА получил диплом профессора (не имея ученой степени кандидата наук). Докторскую диссертацию СА защитил через 4 года. Следуя этому правилу, академиком СА в надлежащее время станет, минуя звание члена-корреспондента.

Первенец Сережа родился в 1935 г. Пригласили няню Васенушку двухметрового роста, о своем семейном положении говорившую: «Замужем не была и без мужа не жила». Когда она впервые приехала в квартиру и увидела себя в полный рост в зеркале, то воскликнула: «Ой, Полинка, как же ты раньше меня-то добралась!», — у Васены в деревне осталась сестра-близнец.

СА развивал интеллект ребенка с раннего возраста, часто перечитывал ему Пушкина. Дитя, держа перед собой раскрытую книгу, «читало» с выражением Васенушке: «... Гьёб качаеса хьюстальный...», а та заливалась слезами. В три года Сережа был довольно неуклюжим ребенком и шлепался на ровном месте. Тем не менее, когда в одно из воскресений родители поехали порезвиться на реку и оставили дитя на Васенино попечение, он, уловив момент, когда няня на минутку уединилась,

выбрался на карниз четвертого этажа и прошел по нему до кухонного окна: «Гьянька, Васенушка, я где Жаннушка хожу!» (имелась в виду кошка). Няня побежала в комнату к открытому окну и, собрав силы, насколько могла спокойно и ласково позвала: «Сереженька, иди ко мне!», и он пошел обратно по карнизу. На полпути его схватили длинные васенины руки и втащили в комнату, после чего няня повалилась в истерике на пол. Во дворе две соседки развешивали белье — одна хотела крикнуть — другая закрыла ей рот и обе плюхнулись на землю.

А в это самое время АГ утопила в реке золотые часики и потом считала это выкупом за благополучный исход. Дома она решила привить Сереже страх высоты — взяла тарелку и бросила ее вниз из окна. Сергей проявил любопытство: «А ну, еще!». Тогда СА протянул цепочку поперек окна — сын изучил конструкцию и заявил: «Део пьехо — пьидетса пиить». Ничего не поделаешь — СА стал развивать сына физической и учить его бегать, прыгать и грамотно спрыгивать с довольно большой высоты.

Девчонки-близнецы родились в 1939 г. очень маленькими, помещались обе на одной подушке. Катя появилась первой и по праву считает себя старшей. Наташа самостоятельно развернулась головкой вперед и профессор-акушер предсказал, что она будет сильно умная — так и случилось, причем довольно рано. Когда подростки ссорились (а это бывало), СА поднимал очки на лоб и говорил Наташе: «Кошка, уступи, ты же старшая!». Катя понимала, что это не справедливо, но выгодно, и не возражала...

Валя, подруга АГ, в тот же самый день родила своего второго сына Илюшу, и муж ее, Евгений Петров, ворчал: «Вот Алиса двух девочек родила, а ты опять мальчишку», — очень дочку хотел.

Провидение хранило Лебедевых от водевильной путаницы с двойняшками — сестры принципиально различались и внешне и по мироощущению. Катя, заметив с подмосковной платформы СА на переходном мостике, крикнула: «Вон, вон папа!», — «Да где же?», — «Вон, самый высокий!». Наташа же, в два года увидев слона в зоопарке, так изумилась, что закричала: «Я больше слона! Слон меньше меня!».

1939 год АГ с детьми провела на даче в Переделкино, где она работала в свое время секретарем у Корнея Чуковского («Алисочка, приносите с собой бутерброды — нам же неудобно, что мы едим, а Вы нет»). Рядом на даче Ильфа жил петух, который кукарекал с еврейским акцентом и хозяин грудью защищал его от попадания в бульон.

Как-то, когда пришли гости, Наташа расплакалась в соседней комнате. Сережку послали ее успокоить. Девочка затихла, гости продолжали разговоры, а Сережка гордо прохаживался и, наконец, не выдержав, заявил, набиваясь на похвалу: «А хорошо я ее успокоил!», — «А как ты ее успокоил?», — «А повернул вниз головой и накрыл подушкой!». АГ летит к девочкам, поднимает подушку — Наташа уже там хрюкает.

В апреле 1940 г. на многие годы появилась другая няня — Маруся, ставшая детской любимицей.

Новый 1941 год родители единственный раз встречали не у себя дома, а в переходах по домам друзей. У Анатолия Нетушила дома никого не было, зато на столе громоздились 5 кг пиленого сахара. Разгоряченные гости принялись шутить и рассовали кусочки сахара во всевозможные уголки по всей квартире. Шутка оказалась долгоиграющей — Нетушил всю войну постепенно находил сахар и благословлял шалопаев.

Твердо зная, что война с немцами была кошмарным следствием празднования Нового года вне семьи, СА и АГ всегда в последующие новогодние ночи неизменно оставались дома.

А дело было так. Лето 1941, как и 1940 АГ с детьми проводила на даче уже под Раменками, на 42 км. Однажды, когда Маруся только покормила детей обедом,

вернулась из магазина АГ и сказала: «Маруся — война! Немцы напали на нас!», на что няня возразила: «Повоюют и перестанут — дайте уложить детей спать». Перестали, однако, нескоро. СА в это время оставался в Москве, и его сразу же перевели на казарменное положение и на дачу он больше не приезжал. АГ и Маруся добирались с детьми и скарбом домой самостоятельно.

Когда немцы бомбили Москву, СА с другими вэивцами дежурил на крыше и сражался с «зажигалками». Ученые вели себя храбро, но иногда неадекватно. Левушка Гольдфарб от возбуждения кричал как ребенок: «Ваши бахают по нашим, нет, наши бахают по вашим!». Он же, высунувшись из окна поезда при эвакуации, прощался с провожающими: «Ауфвидерзеен!», — слава Богу обошлось, а ведь могли побить или арестовать. «Зажигалки» на крыше быстро и успешно гасили (как-то в бочку сгоряча сунули внезапно заработавший огнетушитель). Дочка донимала отца: «Папа принесет Кате бомбу — маааа (это значило — маленькую)!\», и СА принес как-то с крыши не целую, конечно, бомбу, но порядочный осколок.

Осенью 1941 г. СА и АГ с детьми вместе с другими семьями сотрудников ВЭИ отправились пассажирским поездом в эвакуацию. Почти всежитое АГ оставила, но взяла с собой толстые альбомы с детскими фотографиями, выполненными самим СА. Долгое время поезд сопровождали наши самолеты, потому что немцы усиленно бомбили пассажирские составы, идущие на восток.

АГ передевала девчонок на нижней полке и когда разогнулась, обнаружила, что стоявший наверху чемодан с детским бельишком и 10 кг манки непонятным образом исчез. Фотографии же сохранились до сих пор. Именно в поезде на пути из Москвы в Свердловск, девчонки в игре впервые обменялись целыми фразами: «Дайте хлеба с маслом, с сыром», — «Масла нету, сыра нету», — «Дайте просто хлеба».

За ВЭИ, на железнодорожной ветке, называемой «Проломка», пару дней загружался оборудованием товарный эшелон. В одном из вагонов находился скарб эвакуированных. Бабушка и Маруся ждали там, чтобы ехать в этом вагоне. Маруся, уставшая отбиваться от ухаживаний охраны, ушла ночевать домой и, вернувшись под утро, эшелона не застала. Бабушка уехала в Свердловск, а Маруся устроилась работать в Москве и объединилась с семьей только Лебедевых после их возвращения.

Понимая серьезность момента в жизни страны, СА в 1941 г. еще в Москве подал заявление в партию, но под разными предложениями (эвакуация, сложности организации работы, устав нетвердо выучен) партначальство затягивало это дело и СА был принят в партию только в 1943 г.

Жизнь в Свердловске в общих чертах описана Сергеем Лебедевым-сыном. Он, правда, забыл упомянуть, как сам входил в компанию дворовых мальчишек. Чужаков они принимали сурово и обязательно устраивали вступительную взбучку. Когда Сергей впервые вышел во двор, родители прильнули к окну с замиранием сердца — как-то там сложится. Отпрыск в переговоры не вступал, а полез на крышу сарая и не раздумывая спрыгнул с самой высокой точки (пригодилась отцовская выучка). Обряда вступления в компанию не потребовалось.

В Москву семья возвращалась без отца — СА уехал с Институтом раньше. На станции Вышний Волочек АГ и несколько женщин, узнав, что поезд будет стоять полтора часа, побежали купить картошки, чтобы привезти в голодную Москву. Поезд отправился через полчаса и осиротевших детей подкармливал в дороге весь вагон. На вокзале в Москве СА встречал поезд и хладнокровно утешил впавших в отчаянье мужей отставших: «Не волнуйтесь — с ними Алиса».

У отставших не было с собой документов и они, добираясь на перекладных, высадились, опасаясь патрулей, не доезжая Москвы. Но картошку не бросили. Позднее, уже дома, когда мама за что-то стала ругать девчонок, они заявили: «Уходи! Это наша квартира! Мы первые приехали!».

АГ, как и отец, занималась воспитанием сына в неравной борьбе с улицей. Справедливости ради надо признать, что не всегда улица праздновала победу. Проходя мимо футбольного поля, она услышала, как Сережка матерится. На укор сын отвечал: «Иначе гол не забьешь». В глубине души АГ была с этим согласна, но на всякий случай попыталась сына переубедить. В другой раз АГ увидела, что Сережка прыгал с другими мальчишками вокруг лопухого малыша и кричал: «Жид, жид!». Она привела его домой, целый час рассказывала историю еврейского народа и объяснила, что он сам наполовину еврей. Сергей внимательно выслушал и спросил: «А девки тоже наполовину евреи? Знаешь, мама, пускай девки будут полностью евреи, а я целиком русским!». Какие ранние задатки генетика и математика! К сожалению, ребенок выбрал только одно направление.

В детском саду девчонок спросили, кем работают родители. «Папа профессор какой-то, зато мама — директор клуба!». За короткую карьеру на этом поприще АГ успела показать массу детских киношек и диснеевских мультфильмов, и уж собственные дети насладились от пуза. Билеты продавал Сережа из окошка брезентовой армейской палатки, которая долго еще потом служила. Дочки стояли рядом и подзуживали брата не продавать билеты девчонке, с которой они поссорились.

Переезд в Киев рука судьбы извлекла из шапки Марьяновского.

Киев был в руинах. Крещатик и прилегающие улицы практически полностью разрушены. Кое-где все же сохранились остовы домов, которые и начали восстанавливать в первую очередь. Дом на улице Челюскинцев (бывшей Костельной) позади Планетария (бывшего костела) был именно таким остовом. Когда семья вселилась в реконструированную квартиру, на другой половине дома еще кипели восстановительные работы. Строителями были пленные мадьяры, лагерь которых находился тут же на Владимирской горке, пониже дома. Мадьяры — неунывающие ребята веселили детей, правда, в некотором роде небескорыстно. За игрушки из щепок и ниточек им несли бутерброды и вытряхивали остатки табака из родительских папиросных коробок. Нашим девочкам мадьяры соорудили волшебный шкаф для кукол, который почему-то напоминал АГ миниатюрную дачную уборную. Особенный восторг вызывал некий Янош, умевший подражать животным и громко кукарекавший, вспорхнув в центр клумбы во дворе. Мадьяры много пели свои синкопированные чардаши, откуда у пианистки Кати неизгладимая любовь к «Венгерским танцам» Брамса. После работы пленные возвращались в лагерь по самой крутой улице города, носившей диссидентское название «Жертв Революции». Зимой брусчатка здесь обледеневала так, что никакой транспорт не мог проехать, и мадьяры (вместе с конвоирами) с гиканьем скатывались на тощих солдатских задах. Потом на месте лагеря на улице Жертв Революции воздвигли беломраморный музей Ленина.

В первое лето АГ с детьми ездила в село под Каневом, на берегу Днепра. Добирались туда речным пароходиком, и однажды, когда он уже подходил к пристани, мать вдруг быстро увела детей с палубы вниз. Много позже она рассказала, что в это время на пристани происходила кошмарная сцена прощания с заключенными, партию которых грузили в трюм баржи.

В 1947 г. Сергей Алексеевич приступил к ответственной и сложной работе — музыкальному обучению семилетней дочери Кати. Приходя из института, он немедленно усаживался за фортепиано и разбирал с Катей ноты, подавая пример настойчивости и нечеловеческого терпения. Наизусть он играл только «Разливной вальс» Годара — именно это странное название осталось в памяти дочери. По нотам он осваивал Шопена, Бетховена, Рахманинова — виолончелистка Алиса Григорьевна ревниво кричала из кухни «Врешь!» — будто он сам этого не знал.

Пример оказался заразительным, и Катерина сидела за инструментом иступленно. Для того чтобы заставить ее пообедать, мама с братом отодвигали на колесиках

рояль. Толстые тома нот Сергей Алексеевич привозил из Москвы — они до сих пор сохранились.

Пару раз педагогическим конкурентом Сергея Алексеевича был Святослав Рихтер. Катерина продемонстрировала ему свои успехи, на что великий пианист показал ей как имитировать завод «Музыкальной табакерки» Лядова, легко проводя по клавишам пуговицей пиджачного обшлага. На вечеринках Рихтер держался скромно и танцевальную музыку лабал Лев Олевский. Только к утру Рихтер говорил: «Вы, наверное, устали, Лелечка — давайте я вас подменю». Гости, не сразу разобравшись, продолжали плясать под вальсы Шопена и только постепенно начинали понимать, что что-то не то, и рассаживались послушать. Однажды Рихтер вдруг сыграл собственное произведение (нечто космическое, как помнится Катерине) и его даже записали на редкий по тем временам магнитофон «Днепр». Но на следующий день автор позвонил: «Алисочка, забудьте!». Сережа помнит, что произведение Рихтера называлось «Урания», а его запись, по просьбе С. Рихтера, не давали прослушивать никому из посторонних. Катя как музыкант была удостоена, а брат Сергей попал в число посторонних, поскольку был способен позвать на прослушивание школьных друзей. АГ сказала ему, что запись не удалась (вечеринка проходила ночью, когда все дети спали). Через 20 лет эта пленка размагнитилась. Увы, та же участь постигла и запись пародий З. Гердта.

Лаборатория СА обосновалась в старом монастырском здании в Феофании под Киевом, и семья проводила там лето. Работа в лаборатории кипела день и ночь и ходила шутка, что в монастыре как существовал сумасшедший дом до войны, так и теперь ... У шутки была мрачная изнанка — во время оккупации гитлеровцы истребили всех пациентов психиатрической больницы.

В бывшем монастырском владении сотрудники лаборатории сажали кусты и деревья, разбивали клумбы и обожали играть в волейбол. В Феофанию однажды прибыло какое-то важное лицо и дворника за академика приняло. А СА, в перерыве попрыгавший с сотрудниками у сетки, как был — в семейных трусах, в платочке с узелками на голове и с черными от земли пятками — устроился в кабинете на коленках в кресле и что-то писал срочное.

В спортивном неглиже академик выглядел студентом, а вел себя временами ну просто как бурсак какой-то. Ниже лабораторного дома, в ложине перед лесом был монастырский пруд. На берегу стояла дача другого академика, вполне маститого — кирпичный домик с черепичной крышей и готическими окнами. Сторожу дачи было велено никого не пускать к пруду купаться. Но в летний зной СА предлагал живущей зачем-то на даче симпатичной юной даме прокатиться на лодке, и с сотрудниками вывозили ее на середину пруда. Там, как бы невзначай, СА раскачивал лодку, опрокидывал ее и потом даму спасали, хватая, не особенно разбираясь за какие места. «Она же могла утонуть!», — волновались зрители на берегу. «С такими формами — вряд ли», — отвечал академик, прыгая на одной ножке и вытряхивая воду из уха.

СА завтракал чашечкой крепкого чая и глазуньей из одного яйца. Если давали из двух — скармливал одно шнауцеру Чарлюше. Этот пес был любимцем — с ним академик часто беседовал: «Фуфа-гафа, хвостиком тыр-тыр-тыр!». Столько слов он никому обычно не говорил, разве что скотчерьерше Капочке, но это уже в Москве.

Еще СА любил бутерброд с черной икрой.

Маруся просыпается в 6 утра, заходит к академику — там горит свет. Сам за столом, с ногами в кресле — работает. «А который час, Марусичка?», — «Шесть утра», — «Разве...». СА поспит до 10 — и на работу. Может днем приехать, пообедать, часок поиграть на рояле, прилечь: «Через 40 минут разбуди, Марусичка!», — и опять на работу...

По вечерам часто заходили на огонек актеры, музыканты и другие веселые люди. Всех привлекала раскрепощенная атмосфера. Детей укладывали спать довольно

рано и девочки просили маму: «Оставь шелку в двери — мы хотим посмотреть ночные платья!». Веселились легко и непринужденно — шутки, анекдоты, пародии, экспромты, скоропалительные капустники. Иногда, после заграничных гастролей, подсовывали розыгрыши в «их растленном стиле». Тимошенко и Березин привезли из Германии вполне натуральную пластмассовую «кучку», положили в углу и побрызгали на стену боржомом. А режиссер Земгано притворился непристойно пьяным. АГ пришла в ярость: «Все было, но такого не было! Вон из дома!». Изображавший мажордома Леля Олевский успокаивал невозмутимым тоном: «Ну, Алисочка, какие пустяки... », и, элегантно взявши кучку платочком, прятал ее в карман.

Сосредоточенный на музыке Рихтер являл примеры редкой житейской рассеянности. Он мог вдруг заявить: «Мне надо уйти пораньше, Алисочка, взять калошу», — «Если бы Вы забыли калоши у меня, я бы Вам сама принесла на серебряном подносе!», — «Нет, что Вы, Алисочка, я ее на улице потерял». И, что удивительно — нашел ведь! Нина Дорлеак уговаривает Рихтера: «Светик, не забудь — завтра мы идем на выборы», — «Нет, завтра у меня концерт! Вот в понедельник или во вторник — пожалуйста». А как-то глубокой осенью: «Ах, Алисочка, надоели дожди — как хочется солнышка, хорошо бы на Кавказ!», — «Кавказ? Будет Кавказ!». Устроили кавказский вечер с бочонком вина «Чинамдали», фруктами и шашлыком. Интерьер преобразили легко и просто: на окне написали «Вид на Куру», под портретом АГ кисти Алисы Порет — «Царицум Тамара», над диваном — гирлянда крышек от папирос «Казбек». Всем мужчинам нарисовали усы, Рихтер танцевал лезгинку.

По городу поползли слухи, грубо преувеличивающие масштабы разгула. Судачили о «пляжном вечере», для которого, якобы, завезли в квартиру грузовик песка и устроили в столовой бассейн. На самом деле импровизация не пошла дальше ведерка кошачьего песочка, рассыпанного в углу, и гости настолько были заняты творческим состязанием, что никому в голову не взбрело пошло изображать купальщиков.

Типичная реакция общественности. Некая дама позвонила в Филармонию: «Пришлите к нам на дом артиста Халатова!», — «Мы артистов на дом не посылаем», — «Это неправда! Мой сын был на елке у академика Лебедева и там работали Тарапунька и Штепсель!».

Правительство СССР внезапно поумнело (впрочем, не без помощи академика Лаврентьева), и в 1953 г. СА для развития вычислительной техники предложили большой институт в Москве. Работать здесь приходилось даже больше, чем в Киеве, но культурный досуг тоже умели организовывать. Как-то СА в компании сотрудников отмечал в кабинете день 8 марта. Первую бутылку шампанского торжественно открыл сидевший справа Олег Константинович Щербаков и окатил СА с головы до ног. Вторую бутылку забрал сидевший слева Виктор Карлович Зейденберг: «Дай мне — ты не умеешь!», и окатил СА со своей стороны. Кое-как вытерев лужи, решили перенести празднование в буфет и спустились туда, сопровождая четырех очаровательных дам — Валентину Семеновну Элькснин, Елену Петровну Ландер, Марию Павловну Сычеву и Лидию Людвиговну Мохель. Следующую бутылку поручили открыть Оке Васильевичу Чейшвили («Ты с Кавказа — опыт имеешь!»), который был в себе уверен, но на всякий случай сел через стол от СА. Затем он смело выдернул пробку и как джигит ловко закрыл фонтан большим пальцем. Но могучий напиток преодолел преграду и пульверизатором ударил академика по очкам. «Ну, я, пожалуй, пойду домой», сказал СА и, попрощавшись, направился к выходу. За соседним столиком тоже праздновали, однако открывавший шампанское Лев Николаевич Королев принял очередной удар на себя, загородив академика собственным телом. «Вот воспитанный человек... », — заметил СА. На следующий день АГ звонила Валентине Семеновне: «Скажите, Бога ради, хоть для химчистки — в чем вы выкупали СА? Его пиджак стоит на полу самостоятельно!»

Киев успел воспитать у дочек простодушие и акцент, и московские одноклассники долго радовались их «киломэтрам». Заявление Кати: «Римляне победили Ганнибала, потому что защищали свои родные колхозные поля» имело такой успех в классе, что Наташа окончательно утвердилась в выборе профессии историка.

А в классе мальчишек соученики, узнав, что Сергей на 3 месяца старше Яши, допытывались: недоношенный Сережка, что ли? В отделе международных связей у СА тоже спрашивали: как это один сын родился в Москве, а другой в Киеве и в одном и том же году? В голову никому не приходило, что Яша приемный ребенок, а сами родители никогда и никому этого не говорили.

СА пополнял школьное образование детей домашним и переводил вслух Бог знает где раздобытые американские детективы. Иногда возникали казусы — «зажаренный турок» напугал детей и возмутил родителей, но к счастью быстро выяснилось, что это не страшилка, а праздничная индейка.

С возвращением в Москву компания друзей не только не уменьшилась, но и стала гораздо разнообразнее.

Пока АГ перекраивала квартиру на Новопесчаной, дети жили у Лаврентьевых. Но и во время перепланировки жилплощади приходили гости и устраивали веселье, невзирая на побелку, окраску и штукатурку. В столовой был один свободный угол паркета в квадратный метр и на нем Махмуд Эсенбаев станцевал номер, привезенный из Бразилии. И не он один. Как-то привели новенького и представили: «А его Вы конечно знаете». «Как же, как же», — ответила АГ — «Конечно знаю — знаменитый чечеточник». И Бондарчук сбацал степ прямо в прихожей.

Общение за столом Лебедевых было настолько захватывающим, что однажды, когда гости поздно ночью попрощались и уже спускались по лестнице, АГ, так и забывшая подать десерт, закричала вдогонку: «А как же чай, а пироги!», на что откуда-то снизу донесся голос Ираклия Андронникова: «В другой раз, Алисочка, в другой раз...».

Другим разом оказалась серебряная свадьба, от чего гости слегка обалдели — не верилось в дату. Зиновий Гердт в поздравительном адресе написал:

«Раз двадцать пять минуло годовщин, То  
снюхались вы где-нибудь в тридцатом. Я сам  
считал — без вычислительных машин И без  
того, чтоб слыть лауреатом!»

Была куча подарков, подстать адресу. Например, надувной лебедь на корзине с яйцами и с надписью «Лебедь Ева». Чего там было понаписано на яйцах, детям не показали. Борис Сичкин пытался преподнести дирижабль, который он купил по случаю и держал в ангаре, арендованном в Конотопе.

СА в компании всегда очень веселился, вставлял короткие отточенные замечания, но главное — ему позволялось обнимать присутствующих дам. Последних об этом честно предупреждали, и они замирали как бы в ужасе перед предстоящим. Но когда возникала монументально-прекрасная Капитолина Лазаренко, СА устремлялся к ней и уже не отходил, к негодованию так и не потревоженных дам.

В компанию естественным образом вписывались очень разные люди, сходство которых ограничивалось одним пунктом: живой ум с чувством юмора. Остроты и монологи академиков Арцимовича и Харкевича конкурировали с хохмами и скетчами эстрадного гения Сичкина и директора театра Когана. Артистическая часть быстро заражалась научными идеями. Как-то, возвращаясь домой и нетвердо ступая, один из гостей обратил внимание Гердта на то, как ярко светит луна. «Луна не светит! — отвечал тот, тоже сосредоточенный на удержании равновесия — Она отражает солнечный свет», — «Ой, Зямочка, давайте чаще ходить вместе! От Вас всегда можно узнать чего-нибудь новенького!».

Беседы за столом велись вольно и, хотя «ауфвидерзеен» уже не мог навлечь серьезной беды, бывали такие шутки и суждения, после которых гости демонстративно кричали в вентиляционную решетку: «Мы за мир!». Однажды в гостинице «Москва» в три часа ночи в номер Тимошенко постучался Олевский, ничего не говоря, направился в угол и, задрав голову, прокричал в решетку «Мы за мир!», после чего спел Государственный Гимн. Разбуженному и оторопелому Тарапуньке Леся объяснил: «А в моем номере испортилось». Ведь специально не спал и выжидал, негодяй, чтобы проделать этот бабушкин трюк!

Как-то АГ на пари взялась рассказать 25 никому не известных анекдотов. Если предлагаемый анекдот кто-то знал, он сразу выкрикивал окончание и АГ докладывала следующий. Компания была большой и квалифицированной, но все же АГ победила, хотя ее соло затянулось до утра.

Сам собой организовался домашний художественный салон. Молодые провинциальные художники, отвергаемые МОСХом, с удовольствием развешивали свои произведения на всех стенках — где только могли. Гости посещали вернисажи, бродили по квартире, разглядывали необычные для того времени картины, покупали шедевры и писали в книгу отзывов экспромты: «Лики святыхъ изобразил художник прелюбопытнo и прелестительно. Соблазнъ! Кунцевского прихода диаконъ Лаврентий»; «Совершенны картины по краскам, по цвету — только смысла не вижу, наверное нету. Поэт». Когда костромича Алешу Козлова спрашивали о цене картин, он басил: «Та, што поболе — та подороже, а што помене — та подешевле». Володя Муравьев складывал гонорары в высокую китайскую вазу на рояле, откуда все его друзья — художники и поэты выуживали по мере необходимости.

В Киеве летний выпас был при месте работы и никакой нужды в даче не ощущалось. Другое дело в Москве. Из предложенных Академией вариантов остановились на Луцыно под Звенигородом. Времена, когда дача входила в «джентльменский набор», вручаемый академику, давно миновали, и пришлось продавать разные вещи и влезать в долги. Кредит легко открыли и академические и богемные друзья. Дача оказалась типовым финским домом в лесу. АГ принялась устраивать интерьер, а СА занялся превращением в сад песчаного, поросшего соснами холма, на вершине которого стоял дом.

Вдруг отыскался очаровательный старик — последний каминный специалист Степан Никитич, 84 лет. У него в сараюшке лежал в разобранном виде латвийский коричневый керамический камин с пузатенькими колоннами. АГ сразу поняла, что Степан Никитич настоящий Мастер, но физические его возможности вызывали опасения. «Может Вам пригласить мальчика какого-нибудь в помощь?», — и «мальчик» появился: полный георгиевский кавалер 74 лет, ветеран трех войн. В основу камина торжественно положили кирпич, подаренный (взамен отвергнутого дирижабля) одним из дачных кредиторов Боречкой Сичкиным.

Только началась кладка — у Мастера вспыхнула пневмония. Врачи не советовали помещать его в больницу, поскольку домашний уход и свежий воздух там отсутствуют. Мастеру устроили постель на террасе и всем домом ухаживали за ним. Когда через два дня он начал вставать, то сразу заметил небольшую неровность кладки справа, страшно разбушевался и велел «мальчику» все разобрать. Еле АГ отговорила его. Степан Никитич долго жил на даче и за чаем рассказывал о многих знаменитостях, кому сооружал каминны.

Вокруг этого камина — глазированного шоколадного чуда — и летом и зимой собирались и свои и гости. Здесь жарили шашлыки, сушили лыжные ботинки — это был натуральный семейный очаг.

СА мало-помалу преобразовал территорию: посадил березы, акацию, клены, липы, яблони, сливы, кусты боярышника, смородины, крыжовника, разбил грядки земляники. Под окнами к лету распускалась гордость академика — махровая сирень.

Сам приезжал и, не заходя в дом, делал обход как медицинский профессор. Потом в рабочем наряде (труссы и носовой платок с узелками) часами ухаживал за садом. «Как не стыдно в таком виде встречать гостью!», — упрекала АГ — «Но ведь это она ко мне приехала, а не я к ней в таком виде», — возражал, посмеиваясь, СА. Сама же гостья, Евгения Яковлевна Томас, общая любимица и благодетельница, больше похожая на Кармен, чем на детского доктора, отхохотавши своим контральто, соглашалась: «А ведь он совершенно прав, Алисочка Григорьевна!».

Как-то к академику Кнунынцу на соседнюю дачу привезли огромный шкаф и шофер обратился за помощью к садовому рабочему: «Эй, помоги сгрузить эту фигню — на бутылку дам!». «Ты что — это же академик!», — одернула его сторожиха. «А что, академику трешка не нужна?», — резонно возразил шофер.

На даче перебивали все друзья, сотрудники и просто гости. Когда приезжали иностранные коллеги, на лавочке за забором весь день сидел мужчина в тенниске и читал газету. «Надо отнести ему поесть», — говорила АГ — «Он же, наверно, голодный как собака». СА отвечал: «Ничего, ничего — это его работа». Но бутерброды посылались. Особенно свободно чувствовали себя на даче американцы. Они босиком играли в волейбол, выкрикивая свое «Упс!», наступивши на шишку, и раздували самовар, преклонив перед ним колени и уставивши в небо казенную часть. Внуки Эдисона не могли сообразить, что эффект достигается кирзовым сапогом через верх. Зато они преподавали наглядный урок демократии — давали Чарлюше откусить полпеченья и остальное съедали сами.

По проекту подолгу жившего на даче замечательного художника Володи Муравьева перед крыльцом своими силами построили трапецевидный фонтан со звучащими под струей латунными листиками. В бассейне плескались дети и охлаждались арбузы. Как-то жарким летом АГ из-за перелома позвонка долго неподвижно лежала на доске и зятя понесли ее искупаться в этом фонтане. В узком коридоре приходилось сложно лавировать. «Могу всем теперь сказать, что зятя носят меня на руках!» — победоносно заявила АГ. «Можете сказать, что они Вас с трудом выносят...» — пропытели те. От хохота АГ едва не свалилась с носилок.

Типичный пример садовой тактики СА. Когда на крыжовник напали вредители, он обирал жуков, просиживая у каждого куста по часу. Когда на следующий год вредителей не убавилось, он обрезал пораженные ветки. Когда и это не помогло — выкорчевал все под корень. Спокойная настойчивость СА в монотонных скучных делах скорее всего объясняется тем, что именно в это время без помех обдумывались научные проблемы и перебирались варианты. Очень может быть, что принципы ЭВМ еще до окончания войны вызрели в бесконечных свердловских очередях за отовариванием продуктовых карточек.

Зимой садовые заботы заменялись лыжными походами. С А прекрасно изучил громадный заповедный лес и никогда не сбивался с маршрута, хотя проходил 20 км и более. После похода все лыжники, включая девчонок, принимали у камина по рюмке водки.

Вдруг обнаружилось, что дети подросли, стали студентами и даже закончили вузы. К СА прибыла делегация общественности из математического НИИ и доверительным шепотом пожаловалась, что Сергей в «Социалистических обязательствах» пообещал научиться бить мячом по воротам пяткой через голову. СА поднял очки на лоб, посмотрел внимательно на серьезных дядей и сказал свое «Ну-ну». АГ успокоила их и пообещала, что у Сергея ничего из этого не получится (она ведь знала, что мальчик давно бросил выражаться матом на футбольном поле).

Катя училась в Ленинградской консерватории, а экзамены по «общественным предметам» сдавала в Москве. Наташа пыталась начинить ее марксистско-ленинскими знаниями, но, по врожденному чувству справедливости, Катя не могла согласиться с большинством утверждений. Пришлось Наташе сдавать экзамены за сестру

(яблоко от яблони — СА тоже сдавал в свое время математику во ВХУТЕМАСе по зачетке художницы Аннушки, благо фамилия Гурвич не склоняется). Кончилось тем, что горячая Наталья, прочитав вопрос билета «Маоизм как современный троцкизм», поспорила с Рабиновичем — заведующим кафедрой философии Гнесинки и как дважды два доказала, что эти политические течения не имеют ничего общего (разве что оба слова доброго не стоят). «Ну и пианистки у вас в Ленинградской консерватории!», — воскликнул ошарашенный Рабинович. «Ты с ума сошла!», — возмутилась потом АГ — «А если бы тебя за инструмент посадили?!». Следующий экзамен Наташа сдавала с толсто забинтованным пальцем.

Потом неожиданно один за другим посыпались внуки. СА и АГ любили говорить: «Рождаемость в стране падает и все на нашу семью!». Внуки принесли с собой свои байки — но это устремляет рассказ куда-то в бесконечность...

Сергей Алексеевич и Алиса Григорьевна дружно создали свою планету, втянув в ее орбиту близких по духу людей и придав импульс к неустанным движению. Этот мир был ярким и насыщенным и позволял его обитателям жить полноценной жизнью и успешно работать в очень трудные времена. И сейчас, когда творцов этого чудесного мира много лет уже нет с нами, он все еще существует, хотя и сильно потускнел без них... И постоянно хочется, чтобы открылась дверь и они, как ни в чем не бывало, вошли бы к нам — такие, как прежде, и по-прежнему всеми нами любимые.

## Из юбилейного капустника в ИТМ и ВТ 14 декабря 1973 г.

I. Вступление «Давным-давно», сначала музыка, затем хор всех участников.

Нам двадцать пять, а это дата.  
 Рождение празднуют, уж так заведено,  
 А мы традиции чтим свято!  
 Давным-давно! Давным-давно! Давным-давно!  
 К чертям заботы и печали,  
 Все будем веселы сегодня, решено!  
 Мы в ИТМ друзьями стали!  
 Давным-давно! Давным-давно! Давным-давно!  
 У нас такое настроенье,  
 Готовы, кажется, сейчас весь мир обнять!  
 Мы отмечаем день рождения,  
 Нам двадцать пять! Нам двадцать пять! Нам двадцать пять!

II. Диктор. Роберт Берне. «Дом, который построил Джек». Авторизованный перевод, режиссура, постановка, музыка и исполнение — наше.

*Дом, который построил Джек*

Вот - ИТМ,  
 А вот — ученый, знакомый всем,  
 Который однажды создал ИТМ.  
 А вот и краткий перечень тем, (за  
 четверть века освоенных тем) Под  
 личной эгидой знакомого всем  
 Человека, который создал ИТМ.  
 Вот — группа лиц, причисленных к тем,  
 Кто бился над освоением тем Под личной  
 эгидой известного всем Человека,  
 который создал ИТМ.  
 А вот большой коллектив матем-  
 атиков, доказывающих массу теорем  
 Для группы лиц, причисленных к тем,  
 Кто бился над освоением тем Под  
 личной эгидой известного всем  
 Человека, который создал ИТМ.  
 А вот — творцы логических схем, А  
 рядом — отцы электронных систем, На  
 свет появившихся не без матем-атиков,  
 доказывающих массу теорем Для группы  
 лиц, причисленных к тем, кто бился над  
 освоением тем Под личной эгидой  
 известного всем Человека, который  
 создал ИТМ.

А вот — понятный пока не всем,  
Функционирующий пока не совсем,  
Новый цех интегральных схем,  
Без коих так сложно творцам систем,  
Отцам схем и вообще всем тем,  
Кто бьется над освоением тем,  
Под личной эгидой известного всем  
Человека, который создал ИТМ. А вот —  
желанная ЦВМ, Которую не выдумает сам Лем,  
Которая — тема для од и поэм, Которая шпилька  
в зад АиБиЭм, То бишь — козырь в  
соревновании двух систем, А потому —  
заслуживает государственных прем,  
Совокупность упомянутых схем и систем,  
Лучший подарок всем тем, Кто бился над  
освоением тем, Под личной эгидой известного  
всем Человека, который создал ИТМ.

III. Диктор. Сегодня мы именинники, — у нас юбилейный день рождения,  
поэтому наша первая песня так и называется — «День рождения».

*День рождения*

Ордена и медали Нам сегодня не  
дали И сказали: «Вы так молоды!  
Лишь полвека, ребята,  
Юбилейная дата, Подождите  
немножечко вы».

Очень жалко в самом деле  
Ветеранов ИТЭЭМ:  
Юбилея Института Не  
дождаться всем.

Мы, подумав, решили,  
Подытожить, как жили, Что  
создали и что впереди.  
Четверть века, ребята, Это  
все-таки дата, И ее мы  
отметить должны.

Мы состряпали капустник, Как  
уж делали не раз. Угощеньем в  
день рожденья Будет он для  
вас.

Прилетит к нам волшебник  
В голубом вертолете  
Ворох премий для нас привезет,  
С днем рожденья поздравит,  
По квартире подарит,  
В строй чертановский корпус введет.

Поздравленья и подарки  
Принимаем мы от вас. Вы  
уж строго не судите За  
капустник нас!

IV. Диктор. Проблемы взаимоотношений в системе человек-машина достаточно сложны. Случаются сбои у машины, отказывают нервы у человека. И тогда... Впрочем, сейчас вы сами услышите выступление программиста Федора Кирюхина в товарищеском суде.

*Выступление программиста Федора Кирюхина в товарищеском суде*

Товарищи, товарищеский суд! Хочу объяснить Вам, по поводу якобы поломанной мной вычислительной машины, чтобы Вы знали, как все было.

В субботу, значит, у меня машинное время было с 12 до 14 часов. Провозился я, значит, целый час у пульта, а программа все не идет. Я тогда проверил все и говорю: «Программа не виновата — машина дура». А она мне и отвечает: «Сам дурак!». Я ей говорю: «А ты не лезь, когда не спрашивают!» А она мне: «Ты сам не лезь со своей дурацкой программой». — «Это почему это, — говорю, у меня программа идиотская? Уж как-нибудь извилин побольше, чем в твоём дурацком процессоре».

В общем провозился я еще почти час — не идет программа. Тогда я ей вежливо так по-человечески говорю: «Слушай, не капризничай, выполни программу, у меня через пять минут время кончается». А она: «Ничего не знаю. У меня с 2-х обеденный перерыв». Ну я тогда разволновался, уговаривать ее стал. Наконец, она говорит: «Ну, ладно, подмажь спиртом первый процессор — сделаю». Ну, у меня было немного в сейфе, я принес, подмазал. Сам тоже принял, за компанию. Я и не хотел, она уговорила. В общем вдарили мы по первой, а она говорит: «Я тебя уважаю, Федя. Ты хоть и тугодум, зато у тебя память емкая и спирт всегда есть». «Это верно», — говорю, — «На память пока не жалуясь, а насчет спирта — это ты напрасно. Это у меня случайно осталось, ребята на промывке сэкономили».

Ну, в общем, начали мы с ней за жизнь говорить. Она мне жалуется, что у нее обмен плохой, запоры в вентилях, что ее САП одолевает. Я ей про свою семейную жизнь рассказал.

Грустно нам стало. Она и спрашивает: «У тебя там еще осталось чего-нибудь?». Да, есть, — говорю, — немного на доньшке». Она говорит: «Валяй, мажь 2-й процессор». Ну, вмазали мы по второй. Тут она и говорит: «Ты, вот, Федя, говоришь, «машина — дура», а думаешь, мне легко работать? Может у меня вся нервная система расшатанная. Триггера от каждого импульса из стороны в стороны кидаются, и никакой рабочей дисциплины нет. Запятая все шляется, плавает где-то, всякие склоки развелись. Барабан интерфейсу жалуется, что у него ЗУК приоритет отобрал, счетчик считает, что ему денатурату больше, чем регистру положено. Вот плюнь мне в дисплей, Федя, если вру. Вот такие дела! А ты, как, своей работой доволен?» Я отвечаю: «Да где там доволен!» Она: «С чего же тогда мучаешься?». «А чего же, — говорю, — делать?» «Не всем же, — говорю, — везет после школы шофером автобуса устроиться. Кто-то должен и институт кончать. А ты, — говорю, — сама чем недовольна? Работа у тебя не пыльная, никто тебя не ругает, раз в месяц спиртом смазывают, чего же тебе еще?» Она: «Не понимаешь ты меня. Вы вот все лезете ко мне со всякими «алголами», да «фортранами», будто я вам полиглот какой... А нет, чтоб со мной по простому, по-человечески. Вобщем мы совсем заскучали, я говорю: «Может в картишки перекинемся?» Она: «Да ну их к черту. Включи-ка лучше, Федя, транслятор, я петь хочу». Включил я транслятор, запела она «Во поле Берроузынька

стояла». Я ей подтягивать стал. Ну спели мы, она немного помолчала, а потом задумчиво так спрашивает: «Федь, а Федь, ты когда-нибудь в бухгалтерии был?» Я говорю: «Да, приходилось, а что?» Она: «Да так, обрыдла мне эта жизнь, Федя. Ты во всяких там местах интересных бываешь, а я тружусь, как негр, нигде не бываю, жизни не вижу. У меня вот одна знакомая в вычислительный центр устроилась, в одну смену работает, два выходных имеет, а меня только по большим праздникам на ночь выключают. Я, Федя, хочу в бухгалтерию податься. В бухгалтерии я бы самостоятельной была: как хотела бы, так и считала». Я говорю: «Да какая ты самостоятельная, ты самой простой задачи не решишь». А она: «Это я-то не решу?» «Спорим, — говорит, — на коробку диодов со звездочкой!» Я говорю: «Давай! Я тебе сейчас такую задачу дам, что тебя и «Логика-2» не спасет!»

И запрограммировал я ей такую задачу: «Инженер учится 10 лет в школе, 5 лет в Институте, а потом получает 120 руб. Сколько лет ему еще надо учиться, чтобы получить 180 руб., как уборщица?» Ну, она попытала, попытала, хрюкнула и сломалась. Вот как все было! И в связи с вышесказанным, а также в связи с тем, что действия мои не носили умышленного характера, прошу взять меня на поруки по собственному желанию».

V. Диктор. Многие из присутствующих здесь — заядлые туристы. Поэтому им, без сомнения, известна популярная песенка «Перекаты». Но мало кто знает, что эта песня является результатом переложения старой ИТЭЭМовской песни «Ах, эти синьки», причем туристы просто сочинили новые слова, оставив музыку без изменения.

И так, послушайте песню «Ах, эти синьки» в ее первоначальном виде.

*Ах эти синьки*

Ах эти синьки, и эти схемы,  
Послать бы их по адресу.  
Трудней запомнить ЧХ систему,  
Чем все таблицы Брадиса!

А где-то женщины живут на свете,  
Друзья сидят за сухим вином, А я три  
года уж на макете, Все с пересохшей  
глоткою.

Меняешь блоки, гоняешь тесты,  
А программисты лаются. Уж не  
находишь себе ты места, А сбои  
не кончаются.

Плохие пайки, текут диоды, Зачем  
напрасно мучиться? Скорей бы кальки  
спихнуть заводу, А дальше, как  
получится.

Авралы ночью, дежурства в смену,  
Работаю изводимся. Моя жена мне  
нашла замену, И с нею мы  
разводимся.

Вот выхожу я из ИТМ-а,  
Печаль туманит мне глаза.  
Погибла нервная система, И  
выпадают волосы!

Ах эти синьки, и эти схемы,  
Послать бы их по адресу. А в след  
за ними — ЧХ систему, И все  
таблицы Брадиса!

VI. Диктор. Ситуация, в которой очутились герои нашего следующего номера, многим из вас знакома. Представьте себе, что зазвонил телефон, и в трубке слышен голос неизвестного:

«Привет, узнаешь?»

Пессимист. Да!?

Неизвестный. Нехорошо с твоей стороны. Мы так не договаривались. Месяц не шлешь отзыва. Через 2 часа буду у тебя, чтоб все было готово... (вешает трубку).

Пессимист. Какой отзыв? Кто это может быть? Ну и влип!

Входит оптимист.

Пессимист. Помоги, надо срочно писать отзыв неизвестно кому, неизвестно на что! Нет, писать не буду!

Оптимист. Будешь! Неизвестному не писать нельзя, так как неизвестно, кто этот неизвестный. Может он человек известный и тогда неизвестно, что из этого может выйти. Не тушуйся! Бери бумагу... Я тебе помогу... Пиши... Работа... Так, чья работа?

Пессимист. Я уже тебе сказал!!!

Оптимист. Ах, да... Пиши... Работа автора посвящена одному из самых актуальных, но практически не до конца исследованных вопросов в области, бурно развивающейся в последние годы, как в нашей стране, так и за рубежом. Появление данной работы вызовет широкий резонанс в научных кругах, занимающихся решением родственных проблем в областях, соприкасающихся с данной.

Пессимист. Здорово! Только знаешь... Немного банально.

Оптимист. Банально? Тогда давай пооригинальней! Пиши! Автор исследует поставленную проблему не только вглубь, не только вширь, но и вдаль! А это значит, что видит он не только деревья, сколько лес... И чувствует себя в этом лесу... в этом лесу... в этом лесу, в общем, чувствует себя неплохо. Он не идет проторенными путями, а, пробираясь сквозь чащу, осторожно подкрадывается... Сначала он приглядывается, присматривается, принюхивается, и, наконец, прикладывается...

Пессимист. —?!

Оптимист. ...Я имею ввиду прикладное значение работы. И вдруг в головокружительном прыжке он набрасывается... и хватается... Далее, по мере того, как автор, переходя из главы в главу, не забывая прикладываться, неуклонно движется вперед, перед нашим мысленным взором возникают... контуры! И из мелких мутных и жидких ручейков, сливающихся в русло, возникает... целое, сметающее все на своем пути!

Пессимист. Прекрасно! Прекрасно! Как это только у тебя получается? Поехали дальше!

Оптимист. Поехали дальше! Работа состоит из вступления, нескольких глав и заключения! В первой главе...

Пессимист. —?!

Оптимист. Пиши, пиши! В первой главе дается обстоятельный обзор литературы и ставится задача.

Пессимист. Правильно, все правильно!

Оптимист. Во второй главе... Нет, лучше так... В дальнейших главах автор проводит блестящий анализ поставленной задачи, и, используя полученные результаты, применяет и правильно внедряет оригинальные по своей уникальности методы.

Пессимист. Пойдет, пойдет! Ну, спасибо. Теперь давай заключение.

Оптимист. Как заключение? А недостатки?

Пессимист. Ты можешь и недостатки?

Оптимист. Не могу... Но надо! Пиши... В работе замечено очень много недостатков... Так, вероятно в силу своей скромности, автор уделил недостаточно места изложению своих более ранних работ, хотя нам известно, что именно они подготовили. .. Нет, лучше — унавозили почву и легли краеугольным камнем в основу рецензируемого труда.

Пессимист. Хорошо, но не конкретно.

Оптимист. Не конкретно? Пиши: В работе встречаются мелкие неточности, неконкретные формулировки, а также явные грамматические ошибки, вкравшиеся. Ставь точку... Да, просто вкравшиеся.

Пессимист. Лучше. Но подумай, может еще конкретней?

Оптимист. Тебе не угодить! Ну хорошо... Пиши... Первая глава излишне растянута, а заключение второй главы не оправдано скомкано!

Пессимист. А еще конкретней можно?

Оптимист. Можно! Сейчас все можно! Пиши... Вызывает большое сожаление тот факт, что в работе отсутствует ссылка на последнюю работу Гарри Брандерхлюндера, косвенно относящуюся к поставленной проблеме.

Пессимист. Гениально.

Оптимист. Указанные недостатки, однако, несколько не умаляют достатков проделанной работы, являющейся крупным вкладом. И она, т. е. работа, без сомнения удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к подобного рода работам, а автор заслуживает все, что он заслужил... И даже больше.

VII. Диктор. Товарищи, только что к нам прибыли члены и корреспонденты редакций различных газет, поэтому сейчас состоится небольшая импровизированная пресс-конференция, посвященная нашему юбилею.

*Пресс- конференция*

Корреспондент. Алло! Алло! Мы так спешили  
На юбилей поздравить Вас.  
Как Вы работали и жили,  
Нам расскажите сей же час!

Юбилеры. Мы все искали, думали, дерзали,  
И в этих стенах ИТМ За эти  
годы кое-как создали Три  
поколенья ЭВМ.

Трудились не жалея сил,  
И белый свет нам был не мил.

Заказчик нас рубил с плеча, А  
мы не спали по ночам.

И программисты, если сбой  
Все хором поднимали вой!

А мы смотрели в потолок  
Менять ячейку или блок.

И как за это дело нас  
Лишали премий много раз.  
А в остальном бесспорно в ИТМ-е  
Все хорошо! Все хорошо!

Корреспондент. Алло! Алло! Узнать нельзя ли,  
Коль это только не секрет, Что  
говорили и писали Про Вас за  
20 с лишним лет?

Юбиляры. О том, как мы трудились и творили И  
так, и в прессе иногда Нас поливали,  
а порой и били, Но это, право, ерунда!

Пусть говорят, что ИТМ  
Изжил себя и стал не тем.  
Что коллектив у нас слабак,  
Что мы не фирма, а кабак!  
И что как-будто бы сейчас У  
нас в загоне БЭСМ и АС.  
Еще недавно слух прошел,  
Что с темой «Г» у нас чехол.  
Что всех задач мы не решим, И  
что из пиков и вершин  
Сегодня только лишь одна  
Голгофа полностью видна.  
А в остальном бесспорно в ИТМ-е  
Все хорошо! Все хорошо!

Корреспондент. Алло! Алло! Еще одна минута!  
Нам интересно очень знать, О  
перспективах Института Могли  
бы Вы нам рассказать?

Юбиляры. Пожалуйста, имейте лишь терпенье,  
Наш взгляд вперед на много лет. И  
создадим, без всякого сомненья, Мы  
«Эверест», «Эльбрус», «Чегет».

И волю всю собрав в кулак,  
Мы посрадим их «Иллиак».  
И станет в ИТМ на круг  
Полтыщи докторов наук.  
Мы создадим на зависть всем  
Такую чудо-ЭВМ,  
Чтобы за вас могла творить,  
Машины воспроизводить.  
А в результате — эпилог:  
Плюем спокойно в потолок.  
Творит компьютер. Мы при нем  
Лопатой премии гребем.

А впереди, бесспорно в ИТМ-е  
Все хорошо! Все хорошо!

VIII. Диктор. В наш адрес получена еще одна телеграмма от организации соратников по общему делу. Зачитываем текст:

«Поздравляем со знаменательной датой. Сообщите, сможет ли разработанный Вами *Загрузчик* работать *Разгрузчиком*. Если нет, срочно высылайте бригаду разрабочиков на разгрузку корнеплодов.

Зав. овощной базой № 116 Двойкин».

IX. Диктор. А сейчас — информационная программа «Время».

*Информационная программа «Время»*

Она. Добрый вечер, товарищи!

О н. Добрый вечер!

Она. Сегодня мы с нашими друзьями отмечаем 25-летие Института точной механики и вычислительной техники. Несколько часов назад закончилась юбилейная научная конференция. Ее участники заслушали около 100 докладов. Однако жесткий регламент не позволил выступить всем желающим. На конференции не был заслушан доклад доктора статистических наук Фактора Петровича Бесконечномаго. Вот некоторые из наиболее интересных его выводов.

О н. Резко возросла занятость сотрудников Института. В 1973 г. она достигла 45 %. Это означает, что почти каждый второй сотрудник принимает участие в работе Института. А в 1913 г. на этом месте вообще никто не работал.

Она. Заметно увеличилось число лиц, имеющих ученые степени. На сегодняшний день в институте насчитывается около 500 докторов наук и 4000 кандидатов на каждые 100 тыс. сотрудников.

О н. В ряде подразделений Института удалось снизить текучесть кадров в два раза. Они перестали втекать.

Она. Возросло число научных открытий. За короткий период времени был открыт филиал в Новосибирске и микрофилиал на улице Кравченко.

О н. Состояние здоровья сотрудников за счет ряда профилактических мер настолько улучшилось, что в высоких сферах обсуждается вопрос об откреплении сотрудников от поликлиники.

Она. Непрерывно расширяются и крепнут международные связи сотрудников Института. Так, только в 1973 г. мимо здания ИТМ проехало в обе стороны около 72-х иностранных гостей.

Резко возросла посещаемость вечеров, о чем свидетельствует сегодняшний вечер. В это здание вошло более тысячи человек.

О н. *Новости строительства.*

С большим подъемом трудятся в эти дни наши строители. В последние дни уходящего года они сдали в эксплуатацию модернизированную столовую Института. Это пока только первая очередь. После завершения всех работ в столовой можно будет легко разместить очередь из 200 человек.

Она. *Научные контакты.*

Недавно известный сотрудник нашего Института товарищ Барабошкин прямо на шоссе вошел в контакт с группой приехавших из Подмосковья ученых физиков. Супруга ученого получила при встрече легкие телесные повреждения. Грузовик с учеными совершенно не пострадал, а сами гости отделались легким испугом.

Автомобиль товарища Барабошкина после капитального ремонта выглядит почти, как новый.

Она. *Спортивные новости.*

Большой популярностью пользуется в нашем Институте спорт мужественных и ловких — хоккей!

Во время последнего матча ЦСКА-Брюнес (Швеция), когда у ворот нашей проходной не было ни одного защитника, через нее были пропущены холодильник «ЗИЛ» и Осциллограф. А главные старты еще впереди!

Благодарим за внимание!

О н. Всего доброго!

Х. Диктор. Все мы знаем, в каких муках рождается вычислительная машина. Наверное, каждый этап ее создания мог бы послужить темой для жуткой драмы. Но, сегодня, в праздничный день, мы не хотим рыданий. Будем оптимистами!

Итак, музыкальная феерия-обозрение «Сотворение машины».

#### *Сотворение машины*

Диктор. Как говорили древние греки: «Машину спроектировать — не поле перейти». Хор.

Горные вершины спят во тьме ночной,  
ОКРы и НИРы полны жуткой мглой,  
В мыслях мешанина, а идей завал,  
Подожди немного — будет и аврал!

Диктор. Идут дни, недели, наступает время выдачи аванпроекта, а в аванпроекте — основные параметры будущей машины. Заглянем в кухню проекта на этом этапе.

#### Аукцион

Председатель.

Итак, интеграция элементов будущей ЭВМ.

10 вентилях на корпус!

Кто больше? Раз, два...

Голос из рядов. 30 вентилях на корпус —

Председатель.

30 вентилях на корпус — НИЦЭВТ. Кто больше?

30 вентилях, раз; 30 вентилях, два!...

Голос из рядов. 100 вентилях на корпус!

Председатель.

100 вентилях на корпус — ИТМ! Кто больше?

Раз! 100 вентилях!

Два! 100 вентилях!

Три! *(Удар молотком)* Принято!

Прошу занести в аванпроект.

Следующее — быстроедействие центрального процессора.

Крики с мест. 5 млн, 10 млн, 100 млн

Диктор. Так, дорогие друзья, в творческих муках рождается аванпроект.

*Песня контрагентов*

Говорят мы — контрагенты.  
Эта песня в нашу честь. Не  
упустим мы момента, Чтобы  
Вам на шею сесть! Ой, лю,  
лю! Ой, лю, лю! Чтобы в Ваш  
карман залезть Ой, ля, ля!  
Ой, ля, ля!

Трепещи, заказчик бедный,  
Подпись ставь на документ, Это  
нам совсем не вредно —  
Поиметь свой дивиденд. Ай,  
люли! Ой, люли! Кинь на  
премию процент. Ай, люли! Ой  
люли! Эх, мы!

Вы должны помочь в работе,  
Ваш паяльник, наш припой.  
Вы нам схемы выдаете,  
Номер мы поставим свой.  
Деньги нам, шишки вам,  
Славу делим пополам! Что-то  
вам, что-то нам! Эх-ма!

Диктор. Мы на этапе проектирования с помощью автоматизированной системы. Новые методы — новые люди — автоматизаторы.

Хор.

Шагай вперед, автоматчиков племя,  
Решай, внедряй, чтоб конструктор был рад.  
Мы покоряем процессы и схемы, Ведь мы  
хозяева всех срывов и наград.

Мы можем петь и смеяться, как дети, Повсюду всякий берет с нас пример, Ведь мы такими родились на свете, За нас ошибки исправит инженер. Диктор. Рука об руку с автоматизаторами шагает новая передовая технология.

*Технологическая лирическая*

Ой, цветет калина, поспекает рис, жизнь была  
малина, появился МБИС. Раньше — ткнул  
паяльник, вот и весь монтаж, А теперь все микро,  
как окладик наш.

Все не так, как прежде: лепим слой на слой,  
А питање между чем-то и землей. С омами  
— накладка, с пиками — чехол! Ой, сердит  
Заказчик, ой, начальник зол.

Вспомнишь наши беды — продерет мороз:  
Ой, шаблоны кривы, ой, фотограф кос.  
Не отмыть подложку, хром не напылить,  
На дорожку ножку сложно посадить.

Наступает самый что ни есть момент:  
 Лепим Берман зону, — из ушей цемент!  
 Кравченко освоим, — вот пойдут дела!  
 А пока мы в том, в чем мама родила.

Диктор. И вот в содружестве инженера, автоматизатора и технолога рождается опытный образец ЭВМ. Но что такое с образцом? (свист! Выбегает один участник. К нему подбегают еще трое).

Первый. Слушай команду! По устройствам разойтись!

Диктор. На борьбу брошены ударные силы наладчиков — аккордников.

Хор.

Не кочегары мы, не плотники, да,  
 Но сожаленья нет, как нет, как нет!  
 А мы наладчики — аккордники, да,  
 И шлем аккординый всем привет, да привет.

Не откажите нам в любезности, Накинуть  
 день туда — сюда, туда — сюда, А то  
 погибнет в неизвестности, да, Всех ваших  
 планов красота, красота!

Хор. Даешь аккорд!

Голос. Получишь рекорд!

Диктор. Опытный образец начинает дышать, и с его первыми вздохами начинается работа по математическому обеспечению.

#### *Песня математиков*

Машина — верная подруга  
 Всех существующих наук, И  
 математику без друга Ну, как  
 и плотнику, без рук.

Тебя сбить с толку невозможно, Ты  
 в ситуации любой И безотказна и  
 надежна, Но что, родимая, с тобой?

То снова сбой, то кто-то с ОЗУ, То  
 замираешь, как во сне. И почему,  
 не знаю, слезы Приходят горькие  
 ко мне.

Диктор. Ну вот, кажется, все готово к пуску, идут последние приготовления. До пуска осталось 5 дней, 4, 3, 2, 1, 0 (*звук гитары*) Голос. Еще не готово (*звук гитары*) Диктор. Два нуля, три нуля... Голос. Готово! Пуск Диктор. Пуск! (*Удар гонга*)

#### *Заключительная строевая*

Инженера спросили для примера:  
 Где же ваш процессор? Наш  
 процессор Починяет слесарь! Вот  
 какой процессор!

Программисты, архи — оптимисты, Где  
же Ваш диспетчер? Мы диспетчер Тоже  
обеспечим. Вот какой диспетчер!

Эй, технолог, Бис'ов идеолог,  
Где же Ваши БИС'ы? Раз по  
БИС'ам Том большой  
написан, Значит будут  
БИС'ы!

Эй, молодчик, ОЗУ разработчик, Где  
же Ваше ОЗУ? Наше ОЗУ Сдали мы  
завхозу! Вот где наше ОЗУ!

Структуристы, горе — альпинисты,  
Где у Вас структура? Мы структуру  
Передрали сдуру, Вот и вся  
структура!

ЭВМ, ЭВМ, пташечка!  
ЭВЭМушка числа выдает! Раз  
дает, два дает, три дает! А  
собьется и дает Задом наперед!

Раз, два, Горе не беда, А  
собьется и дает Задом наперед.  
Хор всех участников.

*Давным-давно*

Для Вас играли мы и пели,  
Старались мы, старались мы, но все равно,  
Вам наши шутки надоели  
Давным-давно! Давным-давно! Давным-давно!

Из Вас считает, видно, каждый,  
Сегодня выпить нам немножко не грешно!  
И верно мучает Вас жажда  
Давным-давно! Давным-давно! Давным-давно!

Но наш девиз, но наш девиз известен всем,  
Пусть год от года процветает Наш ИТМ! Наш  
ИТМ! Наш ИТМ!!!

## Из капустника-50 1998 г.

### Вступление

(на экране здание ИТМ на Ленинском пр.)

*А-ля Пушкин*

Люблю я щусево творенье, Люблю  
твой строгий, стройный вид, Ограды  
плавное плетенье И облицовочный  
гранит

Твоих ворот узор чугунный,  
Твоих задумчивых парней  
Сквозь окуляры взгляд безумный,  
Когда они творят над ней, над ЭВМ грядущих дней.

И не пуская тьму ночную, Чтоб  
отдохнули телеса, Одна  
проблема ждет другую, Решенью  
дав лишь три часа.

В том доме славном я бывал,  
Историй много там слышал, И  
каждая под стать поэту — О  
них поведаю я свету.

### Глава 1. Истоки

*А-ля Пушкин*

Науки нашей основатель Родился  
на берегах реки, Но не Невы,  
прости читатель, А Волги-  
матушки реки.

Нижегородские просторы  
Рождают часто мудрецов — В  
начале века — профессоре, Ну  
а в конце — Борис Немцов.

Мы все учились понемногу, И  
скромный волжский паренек Всю  
инженерную дорогу Прошел и  
вдоль и поперек.

И в жизни есть, как в книге, главы,  
Когда весна волнует кровь, И ту пору  
назвать мы вправе: Сергей, Алиса и  
любовь.

В те годы мощь страны крепчала,  
Электросила брала верх, Но и  
проблемы создавала, Решая их, нас  
ждал успех.

Одолевая расстоянья, Должна  
энергия бежать, Но чтоб потери не  
сгубили — Сеть нужно точно  
рассчитать.

Ах, этот счет всегда был нужен,  
Тогда, чтоб свет в квартиры дать. В  
конце же века приспособлен, Чтоб  
биржей быстро управлять.

И гениальной идеей Герой  
наш был тогда пленен, Но  
горизонт страны великой  
Военной тучей затемнен.

*Глава 2. БЭСМ*

Итак, она звалась Машиной,  
И Электронною притом,  
Но первый термин был — Большая,  
А уже Счетная потом.

Ни необычностью деталей, И  
пультовых своих ключей, Ни  
изобилием металла Не  
привлекла б она очей.

Но было в ней иное свойство И тем  
она для нас ценна — Пора пришла  
— она включилась И заработала  
сама...

Творец ее любил сердечно, В ее  
капризы все входил, Во всем ей  
верил бесконечно, А в кабинете ел  
и пил.

И беспокойно жизнь катилась,  
Под вечер иногда сходились  
Соратников ее семья,  
Нецеремонные друзья.

И обсудить и позлословить И  
посмеяться кой над чем,  
Проходит время, между тем Пора  
и крепкий чай готовить, Там ночь  
и вроде спать пора, Они ж  
толкуют до утра.

Здесь Мельников — всегда был в курсе  
По части шуток несравним И  
Головистиков, и Бурцев, И Лаут с  
Бардижем самим...

Прошли те годы — стойка БЭСМ  
Теперь в музее уж стоит, Хоть  
малый зал ей явно тесен, но  
ветеранов он манит...

И вот команда собралась, Проблем  
экипировочных не счесть, Но та  
игра ей удалась, Хоть целью был  
не гол, а БЭСМ-6.

Известна высшая оценка, Что  
фигуристам как мечта, И вот  
шестерка без натяжки  
Созданию их присуждена.

Да, БЭСМ-6 служила верно  
Всем математикам страны —  
За четверть века мы наверное  
Спасибо ей сказать должны.

### *Глава 3. Эльбрус*

Как хорошо по снежным кручам  
На горных лыжах пролететь, Чтоб  
ветер разогнал все тучи И снег под  
солнцем стал блеснуть!

Вершина скорости и света,  
Мечта, достойная всех муз —  
Так и проект десятилетия  
Был назван именем Эльбрус.

Здесь каждый славно потрудился, В  
своих делах был скор и рьян, Но  
кто всех больше отличился —  
Борис, сын Арташеса, Бабаян.

Есть в мире термин контрагенты  
У каждого ассоциации свои, Но  
никакие это не агенты, А верные  
соратники твои.

Когда пришлось нам за «Эльбрусы» биться,  
Кооперацией наводя мостки, То был один —  
на север от столицы, Другой — лежал на  
запад от Москвы.

### *Загорская монтажная*

Не кочегары мы, не плотники,  
Но сожалений нет, как нет,  
А мы монтажники-работники  
И из Загорска шлем привет, да привет.

Паяем схемы мы старательно  
И исправляем виды трасс, да трасс.  
Для нас приемка обязательна,  
И на объектах знают Вас, знают нас.

Пускай живем мы в разных городах, Но  
ИТМ и ЗЭМЗ близки, близки, И нашу  
дружбу не порвать никак, Хотя седы у  
нас виски, да виски.

И кочегары мы, и плотники  
 В цеху работы нет как нет, так нет  
 И ждем заказов мы работники  
 И из Посада шлем привет, да привет!

Жил-был волшебник один, С  
 кремнием он колдовал И не  
 вдали от Москвы Город он  
 свой основал.

*Припев:* Миллион, миллион, миллион вентиляей  
 На кристалл, на кристалл, на кристалл поместим  
 Тысячу, тысячу мыслей и идей Сразу, сразу в  
 жизнь мы воплотим.

В городе терем стоит С гордым  
 названьем «микрон», Красников  
 схемы творит, Дружит с ним  
 даже Гонконг.

С Азией надо дружить,  
 Партии схем продавать, Но  
 и себя не забыть — Технику  
 всю обновлять.

Припев.

Пусть жизнь сейчас не проста —  
 Вспомним проекты «Эльбрус»,  
 Матричных БИС красота Всем на  
 изысканный вкус.

Хор.

Эй, система, снова к бою,  
 Часовым охраняешь небосвод. Ты  
 представь, что за тобою Полоса  
 пограничная идет.

*Припев:* Чтобы комплексы всегда были молоды,  
 Были молоды, были молоды, Не боялись не жары и  
 не холода, Были стойки как сталь.

Физкульт-ура! Физкульт-ура!  
 Ура-ура, будь готов,  
 Когда настанет час сбить врагов,  
 На всех высотах их поражай,  
 Ближний край, дальний край — накрывай.

Эй, конструктор, больше жизни  
 Напрягай свою голову сильнее,  
 Создавай такие средства,  
 Реформируй армию скорей.

Припев.

Эй, наука, дай же силу  
 Мощь России нам снова воскресить,  
 Договоры, как ни милы,  
 Но границы нам надо охранить.

Припев.

О спорт! Ты — мир! Воскликнул  
как-то Кубертен, Возьмем и мы  
сей ориентир В одной из наших  
близких тем.

В наше время в спорте можно К  
проблемам сразу подойти, А вот  
собрать команду сложно, Чтоб  
слабых мест в ней не найти.

Здесь мудрость тренера нужна,  
Огромный опыт и сноровка,  
Стратегия и тактика важна, А  
ключ к победе в тренировках.

*Глава 4. На диком берегу Балхаша* На  
берегу пустынных волн Стоял он дум  
высоких полн. Пред ним Балхаш волной  
шумел Восток восходом чуть алел.

И думал он — отсель не будем мы грозить,  
Здесь город будем возводить, Чтоб мозгом  
будущих систем Был комплекс быстрых  
ЭВМ.

И здесь партнера лучше нет,  
Чем ИТМ на много лет.

И вот бригада уж в работе, И  
все кипит без лишних слов, И  
как всегда, полны заботы  
Чунаев, Бурцев и Рыжов.

А созидатели программы  
Степанов, Рябов, Королев,  
Ошибок ловят килограммы,  
Отладка им, что рыбный клев.

Дымилась, падая ракета,  
Она упала за бугор.  
Частица нашего бюджета,  
Увы, пылает как костер.

Но как бы трудно не бывало  
В работе жизнь как хороша  
У незнакомого поселка На  
диком берегу Балхаша.

Нам часто снятся эти даты,  
Машины тех минувших дней,  
И ОЗУ наше в три обхвата,  
Панель сгоревшая на ней.

Когда ж была головка сбита,  
То расцвела у всех душа У  
незнакомого поселка На  
диком берегу Балхаша.

Систем защитных и ударных  
Балхаш немало повидал, Так и  
трехсотке легендарной Путевку  
в серию он дал.

Здесь есть вопрос — коль Вы мыслитель,  
И он не из простых вещей, Когда  
упоминают вычислитель, Всегда твердят  
сорок ушей.

Да шифры, литеры, загадки —  
Таков удел многих систем, Но  
мы должны и без оглядки  
Творцам поклон отвесить всем.

Теперь понятно многим стало,  
Что школу трудно создавать, А  
уж безвременье настало — Еще  
трудней ее спасать.

Где ж этот круг — в чем есть спасенье,  
Кто бросит нам его скорей? Расчет  
здесь только на уменьье, На коллектив и  
на друзей.

*Песня ветерана «На улице Ляпунова»*

Когда весна придет, не знаю,  
Пройдут дожди, пройдут снега,  
Но информатика родная И в  
непогоду дорога.

На этой улице подростком Курс  
славных лекций услышал И  
здесь на этом перекрестке  
Фанатов БЭСМ я повстречал.

Теперь и сам не рад, что встретил,  
Погряз в сомненьях я совсем —  
Зачем, зачем на белом свете  
Компьютер есть и ИТМ.

Я не хочу судьбу иную, Мне ни  
на что не променять На  
Ляпунова проходную, Что в  
люди вывела меня.

*Заключительный марш*

Родились мы под яркой звездой,  
Каждый цель в перспективе имел,  
Научил и повел за собою — Так лишь  
Лебедев только умел.

*Припев:* И снова вперед  
Страна нас зовет,  
И мы все, как один,  
Ей наши знания отдадим.

Верим мы, что осилим проблемы,  
Хоть решенья никто нам не дал —  
Создадим не одну мы систему, Так  
ведь Лебедев нам завещал.

## Сказка о радиолампах

*Отрывок из книги об академике С. А. Лебедеве.*

Чего не бывает в Новогодние ночи и вечера?! В одной из комнат собрались... лампы и блочки. Старая, толстая 6ПЗ спросила у своей миниатюрной соседки 1Ц1: —Милая, тебя еще не испытывали на тряску? Ну тогда ты не знаешь, что такое жизнь в институте...

А началось все с обычного распределения. Куда пошлют? Где придется работать? Эти вопросы сильно волновали партию новых ламп.

—Я слышала, что лучше всего попасть в резерв к Кадыковой и там спокойно лежать.

—Ничего себе, — возразил пентод — лежи и нервничай, кто в конце концов тебя заберет? Нет уж, любая определенная работа лучше!

—А по мне, все равно, где бы не работать — лишь бы не работать! — сказал Диод с потерянной эмиссией.

В это время высокочастотный пентод с хорошей характеристикой чем-то приглянулся Гушину и он сунул его в карман.

«Значит на особо важную работу!» — подумал Пентод, стоя в кармане на голове. Через два часа после страшной тряски и мучений, когда у Пентода появились первые признаки морской болезни, его достали из кармана и вставили в телевизор.

«Наконец-то» — подумал, разогреваясь, Пентод — «Распределился!»

Пентод нагрелся и погрузился в воспоминания. Уютный заводской склад. У каждой лампы аккуратно сложенная бумажка: паспорт — диплом, дающая ей все права на интересную работу.

Лампы-выпускники были все разные и работать должны были по разным специальностям. Здесь находились и мощные 6ПЗ, и высокочастотные умницы 6Ж4, строгие 6П9, простоватые 6Х6 и еще много других.

Наконец, в зал, где находились выпускники, пришли представители научных учреждений и заводов. Среди них выделялась одна женщина, и все лампы обратили на нее внимание. Она непрерывно и энергично говорила, жестикулировала и что-то доказывала своим коллегам. Поток слов был настолько обилен, что у многих 6П9 завибрировали катоды и они невольно подумали: — «Пожалуй, полоса пропускания пошире, чем у нас!»

Женщина первая подошла к ящикам с лампами, стукнула по ним рукой, так что лампы подпрыгнули и оробели, и заявила:

—Эта партия моя! Можете грузить!

—Простите, — робко возразил какой-то полковник, — Я еще вчера договорился...

—То, что Вы договорились, не играет никакой роли! У меня здесь связи! Начальник снабжения мой друг! Эту партию забираю я! Конечно! К погрузке!!

Оторопели лампы от такой энергии и уверенности, оторопел от связей полковник, и лампы уехали. Все сосредоточенно молчали и только двойной Триод, подтолкнув в бок 6ПЗ, пытался пошутить:

— Вот, Тетродик, а ты все еще считаешь себя мощной женщиной. Учиться надо!

Всю дорогу было слышно, как женщина в кабине громко ругала каких-то Чепурнова, Пудова, Хавкина. Она так заговорила шофера, что машина начала неуверенно вилять и рыскать по сторонам.

Воспоминания Пентода прервал пришедший Бланк-импульс. Начинаясь телевизионная передача, пора было работать...

А какова же судьба остальных ламп? В институте их шумно встретили сотрудники и наперебой приглашали лампы к себе. Было весело и радостно. Особенной любовью к лампам отличались Хавкин и Неслуховский. Они старались схватить как можно больше молодых выпускников и все время загоняли их в угол, прикрывая своим телом. Другой начальник, Зимин, иронически смотрел на их старания и веско заметил:

—Напрасно жадничаете, все равно все через меня пройдут!

Но его не слушали. Между лампами туда и сюда сновал Неслуховский, здоровался, поздравлял, что-то спрашивал и, недослушивая, бежал дальше. Его сразу запомнили все без исключения лампы, потому что он очень суетился и, похоже, не желал лампам ничего плохого.

Были и другие сотрудники на этой встрече, были здесь и опытные, уже поработавшие лампы...

Так началась служба ламп. Одни попали на интересное, творческое дело — работали в сложных генераторах и высокочастотных триггерах. Другие — на скучную эксплуатацию.

Лампы познакомились со всеми инженерами, с порядками в институте, т. е. стали полноправными членами коллектива.

Неслуховского, который показался им таким приятным, они не любили, потому что он всегда суетился и заставлял инженеров бить лампы по головам, что, естественно, было очень больно и неприятно.

Главным же врагом считался Зимин. Его не только не любили, но и побаивались.

—Непонятна мне психология этого человека, — рассуждала 6Е5, зеленая от злости — ну кому охота стариться? Посадить бы его самого лет на пять в закрытую, пустую комнату с единственной целью — состариться, вот тогда психология бы изменилась!!

Все же, несмотря на свои симпатии и антипатии, лампы вели яркую и интересную жизнь. Они с удовольствием вставали в любые схемы, генерировали импульсы, синусоиды, свистели и возбуждались. Были среди ламп небольшие увлечения и даже романы. Влюбленные лампы старались работать в соседних панельках и были счастливы. Теряли эмиссию они обычно дружно и одновременно.

Случалась и несчастная любовь. Один из Триодов в течение двух лет раскачивал толстуху 6ПЗ, да так и не раскачал... Говорят, он умер от разрыва нити накала.

Варфаломеевская ночь... Казалось, только люди понимают весь кровавый ужас этой формулировки, но как они заблуждаются! Варфаломеевская ночь — это профилактика! Так вам скажет любая лампа, попробуйте, спросите у нее.

После произнесения этого страшного слова начиналось Вавилонское столпотворение. .. Конец света... Ужас... Мрак...

Все бегали, ругались, без всяких на то причин выдергивали здоровые лампы, заменяли их больными. Самые умные лампы с прекрасной отсечкой летели в ящик с отбросами, а чахлые старики, у которых крутизна безвозвратно упала и никогда уже не поднимется, ставились на их место. Да, пожалуй, будет лучше не рассказывать больше об этом кошмаре!

Но почему нет ни слова о женщинах? Неужели в институте их не было или они не общались с лампами? Такая постановка вопроса была бы несправедлива.

Вообще у ламп все не как у людей! Все люди любили Зою Московскую, а большинство ламп относились к ней подозрительно и недружелюбно. Особенно не любили ее диоды.

—Подумаешь, умница какая, — рассуждали они — игнорирует нас. Ничего, милая девушка, помучайся, помучайся со своими кристаллами...

— Да, это только в институте она хорохорится, а дома совсем другая, небось в свои приемники и телевизоры кристаллы не ставит!!

Хорошо относились лампы к Воронцовой и, хотя она часто путала Триоды с Пентодами, на нее не обижались и любили за нежность. Никто так осторожно и любовно не прикасался к лампам, ничей платок не имел такого тонкого и приятного запаха. Лампы любили бестолку поваляться в ее нежных руках.

Политику среди ламп определял ламповый измеритель ИЛ-12. Он считался главным политическим деятелем, но даже этот суховатый прибор недовольно ворчал, когда в лабораторию входила та, чье имя вы найдете в либретто оперы «Иван Сусанин» одним из первых.

— Ходячая газета какая-то! — покачивая стрелками, бормотал ИЛ-12 — Во мне и то, наверное, больше человеческого...

Во время длинных вечеров и ночей лампам было приятно смотреть, как мирно беседуют между собой Сева и Неля... Это бывало так лирично и хорошо, что даже высокомерная 6П9 начинала лучше относиться к своему подсекающему диоду.

Большим событием считались дни, когда приходил академик Лебедев с большой группой иностранных гостей и, подходя к какой-нибудь лампе, показывал на нее пальцем и говорил:

— Вот это важный элемент!

И та лампа, что оказывалась на этом месте, надувалась, краснела и давала максимальную крутизну, а все лампы относились к ней с уважением.

Много было событий, много было ламп и инженеров, да всего не расскажешь... Да и нужно ли это? Ведь психология ламп настолько отлична от человеческой, что их трудно понять. Правда, она продолжает развиваться и, в свете кибернетики, скоро должна приблизиться к нашей.

— Подождем, пока кибернетика станет наукой, вот тогда и поговорим!

## Грамота

### 3. Гердт

Коль двадцать пять минуло годовщин, То  
снюхались Вы, где-нибудь, в тридцатом! Я сам  
считал! Без вычислительных машин, И без  
того, чтоб слыть лауреатом!

За двадцать пять прошедших лет, Вы  
съели очень просто, Одних лишь  
Киевских котлет Пять тысяч  
девяносто.

Три тонны разных потрохов,  
Куриных и Утиных, Сносили  
сотню пар штанов И триста  
пар ботинок.

Известных требуют затрат  
Предметы ширпотреба, Но,  
как в народе говорят, На  
это гроши треба!...

Имея кое-что в уме, И  
стал ты Академик(ОМ)  
Обрел признание, реноме,  
И кое-что из денег ... ВО!

Алиса тоже баба-хват,  
Совместно с Алексеичем  
Произвела трех пацанят (А  
долго ли умеючи?)

Пусть вашу посетят семью  
Дальнейшие Зачатья!  
Скрепляю ГРАМОТУ сию  
Серебряной печатью.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Литература о жизни и деятельности С. А. Лебедева

- Лебедев Сергей Алексеевич // БСЭ. Изд. 2-е. Т. 24. 1953. С. 381.  
Лебедев Сергей Алексеевич // Вестник АН СССР. 1954. № 1. С. 42.  
*Нестеренко А.Д., Швец И.Т.* Сергей Алексеевич Лебедев // Вопросы электроавтоматики и радиотехники. — Киев, 1954. С. 3-6.  
*Мельников В.А., Поздняков С.Л.* БЭСМ // Техника — молодежи. 1956. № 3. С. 30-33.  
*Лебедев А., Коваленко Л.* Машины большого будущего // Московская правда. 1956. 1 марта.  
*Тукачинский М.С.* Машины — математики. — М., 1958. 130 с.  
*Кобринский Г.Е., Пекелис В. Д.* Быстрее мысли. — М., 1959. 389 с.  
*Гейм С.* Век космоса. Репортаж // Огонек. 1959. № 2. С. 20-23. (Раздел о С. А. Лебедеве: «В миллион раз быстрее мысли». С. 22—23).  
Лебедев Серпій Олексійович // Українська радянська енциклопедія (далее УРЕ). Т. 8. - Киев, 1962. С. 35.  
Чествование академика С.А. Лебедева // Вестник АН СССР. 1963. № 1. С. 107-108.  
*Дородницын А. А.* Машина будущего // Известия. 1966. 23 июня.  
*Пухов Г.Е., Рабинович З.Л., Стогній А.А.* Кібернетика // УРЕ. Т. 17. 1966. С. 473-474.  
Лебедев Серпій Олексійович // Історія Академії наук Української РСР. Т. 2. — Киев, 1967. С. 321.  
*Глушков В.М., Лаврентьев М.А., Марчук Г. И.* Флагман вычислительной техники // Известия. 1969. 16 сентября.  
*Давыдченко В.* Дело жизни (Интервью с М. А. Лаврентьевым) // Известия. 1970. 19 ноября.  
*Лаврентьев М.А.* Будущее электронного мозга // Известия. 1972. 4 ноября.  
Лебедев Сергей Алексеевич // БСЭ. Изд. 3-е. Т. 14. 1973. С. 671-672.  
*Исаев А. Г.* Алексей Иванович Лебедев. Эюд о нижегородском издателе и библиографе // Записки краеведов. Сост. Н. И. Куприянова. — Горький, 1973. С. 57-67.  
*Хомская О.* Одержимость // Бауманец. 1973. 22 января.  
*Барковский Б.А., Малиновский Б. Н., Рабинович З. Л.* Вычислительная техника // Энциклопедия кибернетики. Т. 1. — Киев, 1974. С. 210-212.  
*Походило П. В., Рабинович З.Л.* «МЭСМ» // Энциклопедия кибернетики. Т. 2. Киев, 1974. С. 56-57.  
*Апокин И. А., Майстров Л. Е.* Развитие вычислительных машин. — М., 1974. 399 с.  
*Гутер Р.С., Полунов Ю.Л.* От абака до компьютера. — М.: Знание, 1975. 191 с. (о С. А. Лебедеве С. 180-181, 185).  
*Малиновский Б.Н., Хоменко Л. Г.* До історії створення електронних цифрових обчислювальних машин першого покоління і початкових методів програмування в Українській РСР // Нариси з історії природознавства і техніки. 1975. Вип. 21. С. 74-81.

- К 25-летию создания первой отечественной ЭВМ // Управляющие системы и машины. 1976. № 6. С. 3-6.
- Королев Л.Н., Мельников В.А. Об ЭВМ БЭСМ-6 // Управляющие системы и машины. 1976. № 6. С. 7-11.
- Дашевский Л.Н., Хоменко Л.Г. Перша вітчизняна електронна обчислювальна машина — ювіляр року // Автоматика. 1976. № 6. С. 81-83.
- Гутер Р. С., Полунов Ю.Л. Из истории компьютеров // Наука и жизнь. 1976. №11. С. 80-83.
- Ярошенко В. Среди формул победы. (Из бесед с М.А. Лаврентьевым) // Сельская молодежь. 1976. № 1. С. 16-20.
- Отечественной вычислительной технике 25 лет // Кибернетика. 1976. №6. С. 1.
- Ершов А.П., Шура-Бура М. Р. Становление программирования в СССР // Кибернетика. 1976. №6. С. 141-157.
- Королев Л.Н. Структуры ЭВМ и их математическое обеспечение. — М., 1978.
- Сергей Алексеевич Лебедев: библиография ученых Украинской ССР. Сост. Н.С. Лебедева и др. Вступительная статья В.М. Глушков и др. — Киев, 1978. 38 с.
- Глушков В.М., Рабинович З.Л., Цукерник Л.В. Сергій Олексійович Лебедєв. — Кит, 1979. 51 с.
- Дашевский Л. Н., Шкабара Е.А. У истоков отечественной вычислительной техники // Вестник АН УССР. 1979. № 5. С. 19-26.
- Патон Б. Е. Введение // История Академии наук Украинской ССР. — Киев, 1979. С. 22.
- Глушков В. М. Кибернетика // История Академии наук Украинской ССР. С. 94-108.
- Лебедев Сергей Алексеевич // История Академии наук Украинской ССР. С. 708.
- Дашевский Л.Н., Шкабара Е.А. Как это начиналось. (Воспоминания о создании первой отечественной электронной вычислительной машины — МЭСМ). — М.: Знание, 1981.
- Сергей Алексеевич Лебедев // Математика в школе. 1981. № 6. Оборот обложки.
- Велихов Е.П. Об организации в Академии наук СССР работ по информатике, вычислительной технике и автоматизации // Вестник АН СССР. 1983. № 6. С. 24-30.
- Сендов Х., Розов Н.Х. История рождения компьютера // Квант. 1985. № 120. С. 8-14. О С. А. Лебедеве С. 14.
- Лебедева О. М. Пешковы, Васильевы, Лебедевы. Воспоминания. Горький, 1986.
- Мельников В. А. С. А. Лебедев — основоположник отечественной вычислительной техники // Информатика и образование. 1986. № 1. С. 6-13.
- Апокин И. А., Хоменко Л. Г. Первые советские ЭВМ, созданные под руководством С. А. Лебедева // Памятники науки и техники. 1986. — М., 1987. С. 28-36.
- Фролов В. ЭВМ обретает «интеллект». Фантастика в чертежах // Правда. 1986. 15 декабря.
- Атанасов А. Пробив в жизнено важна посока // Работническо дело. (Орган ЦК БКП). 1987. 8 мая.
- 85 лет со дня рождения С. А. Лебедева. — М., 1987. 8 с.
- От БЭСМ до суперЭВМ. Страницы из жизни Института ТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в воспоминаниях сотрудников. Под ред. Г. Г. Рябова. Вып. 1. — М., 1988. 123 с.
- Лебедев С.А. (1902-1974) // Программные продукты и системы. 1988. №2, 3. С. 112-114.
- Чернова Л.С. А. Лебедев // От махин до роботов. Очерки о знаменитых изобретателях, отрывки из документов, научных статей, воспоминания, тексты патентов. Книга 2. — М., 1990.

От БЭСМ до суперЭВМ. Страницы истории Института ТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР в воспоминаниях сотрудников. Под ред. Г. Г. Рябова. Вып. 2. — М., 1991. 97 с.

*Малиновский Б. Н.* МЭСМ и ее создатели // Управляющие системы и машины. 1992. № 1/2. С. 3-15.

*Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах. Книга первая. С. Лебедев. — Киев, 1992. 128 с.

Программные продукты и системы. 1992, № 1 (Номер посвящен памяти С. А. Лебедева). Колонка редактора: В.А. Мельников, В.Н. Решетников. 90-летие со дня рождения первого конструктора отечественной электронно-вычислительной техники Сергея Алексеевича Лебедева. С. 1.

Академик С.А. Лебедев. 90 лет. — М., 1992. 8 с.

*Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах. — Киев, 1995. 384 с. (О С. А. Лебедеве с. 5-81).

Суперзаботы суперЭВМ. Без работ академика Лебедева трудно представить достижения Курчатова и Королева. Рассказывает член-корреспондент РАН, директор Института точной механики и вычислительной техники Геннадий Рябов. Беседу вел А. Покровский // Правда. 1995. 1 марта.

*Кузьмичев Д.А.* Физтехом я очень дорожу // Я — физтех (книга очерков). — М., 1996. С. 88-97. О С.А. Лебедеве С. 89-92.

*Новиков А.А.* Машинная математика // Я — физтех. С. 366-379.

*Малиновский Б.Н.* Очерки по истории компьютерной науки и техники в Украине. — Киев, 1998. 452 с. (О С.А. Лебедеве С. 3-58).

*Бурцев В.С.* Московская научная школа академика С. А. Лебедева в развитии вычислительной техники // Доклад на 3-м Российско-Германском симпозиуме высшей технической школы г. Гейдельберг.

*Лаврентьев М.А.* Опыты жизни. 50 лет в науке / из книги «Век Лаврентьева» — ответственные редакторы: академик Н.Л. Добрецов, Г. И. Марчук, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2000, С. 57-62.

*Василькевич И. В., Топорков В. В.* Отечественная школа вычислительной техники и кафедра ВТ МЭИ: к 50-летию первого выпуска инженеров // Вестник МЭИ. 2001. № 2. С. 59-64.

*Бурцев В. С.* Создание системы противоракетной обороны (ПРО) и суперЭВМ // Конференция «40-летие первого поражения баллистической ракеты средствами ПРО». — М., 2001. С. 4-18.

*Wolcott P., Goodman S.E.* High-Speed Computers of the Soviet Union // Computer. 1988. V. 21, №9. P. 32-41.

Georg Trogemann, Alexander V. Nitussov, Wolfgang Ernst (Eds.) Computing in Russia, 2001. P 78-82, 108-132.

## Сведения об авторах

**Артамонов Герман Тимофеевич** — сотрудник ИТМ и ВТ АН СССР в 1952-1957, доктор технических наук, в 1969-1987 директор ВИМИ, профессор МАИ.

**Бардиж Всеволод Вианорович** — (1916-1998) — сотрудник ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР в 1948-1991, нач. отдела, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР.

**Белоцерковский Олег Михайлович** — академик. В 1962-1987 гг. — ректор Московского физико-технического института. Директор Института автоматизации проектирования РАН. Лауреат Ленинской премии СССР.

**Бурцев Всеволод Сергеевич** — академик, сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в 1951-1985. В 1973-1985 — директор ИТМ и ВТ, с 1988 научный руководитель, а с 1991 года директор Вычислительного центра коллективного пользования АН СССР (затем РАН), в 1994—1998 — директор Института высокопроизводительных вычислительных систем РАН, советник РАН. Лауреат Ленинской и Государственных премий СССР, лауреат премии им. С. А. Лебедева АН СССР.

**Валиев Камиль Ахметович** — академик, в 1965-1977 — директор НИИМЭ, с 1988 г. — директор Физико-технологического института РАН. Лауреат Ленинской премии, премии правительства РФ, международной премии им. Е. К. Завойского и премии им. С. А. Лебедева РАН.

**Головистиков Петр Петрович** (1924-2001) — сотрудник ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР в 1948-1992, нач. отдела, кандидат технических наук, лауреат Государственной премии СССР.

**Корзун Ирина Вячеславовна** — близкий друг семьи Лебедевых, работала в предвоенные годы в ВЗИ, в настоящее время на пенсии.

**Королев Лев Николаевич** — член-корреспондент РАН, сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева в 1953-1975, зав. кафедрой факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ, лауреат Государственной премии СССР, премии Совета министров СССР, премии М.В. Ломоносова МГУ.

**Лаврентьев Михаил Алексеевич** (1900-1980) — академик, директор ИТМ и ВТ АН СССР в 1950-1953. В 1950-1953, 1955-1957 — академик-секретарь Отделения физико-математических наук АН СССР. В 1957-1975 — председатель Сибирского отделения АН СССР, вице-президент АН СССР. В 1976-1980 — Председатель Национального комитета СССР по теоретической и прикладной механике. Герой социалистического труда, лауреат Ленинской премии и Государственных премий СССР, лауреат премии им. С.А. Лебедева АН СССР

**Лаут Валерий Назарович** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР с 1950 г., нач. отдела, доктор технических наук, лауреат Государственных премий СССР.

**Лебедева Наталья Сергеевна** — дочь С.А. Лебедева, ведущий научный сотрудник Института всеобщей истории РАН, кандидат исторических наук (РФ), доктор хабиль (Польша), автор шести монографий, составитель и редактор 16 томов документов по истории Катынского преступления, Нюрнбергского процесса и Коминтерна.

**Лебедев Сергей Сергеевич** — сын С.А. Лебедева, старший научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН, кандидат физ.-мат. наук, автор работ по математическому программированию.

**Лисовский Игорь Михайлович** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в 1949-1952 и с 1979 по настоящее время, нач. отдела, участник создания первой в континентальной Европе и СССР электронной цифровой электронной вычислительной машины — МЭСМ. Имеет правительственные награды за разработку ЭВМ, заслуженный конструктор РФ.

**Маврина Татьяна Алексеевна** (1900-1996) — настоящая фамилия Лебедева, Маврина (фамилия матери) — художественный псевдоним, сестра С.А. Лебедева, выдающаяся художница, лауреат Государственной премии СССР и международной премии имени Г.Х. Андерсена за развитие детской книги.

**Малиновский Борис Николаевич** — ветеран компьютерной науки и техники в Украине. Работает в НАН Украины с 1950 г., доктор технических наук, член-корреспондент НАН Украины. В настоящее время — советник дирекции в Институте кибернетики

им. В.М. Глушкова. Участник Великой Отечественной войны, награжден орденами и медалями. Заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины, академических премий им. С.А. Лебедева и В.М. Глушкова. Автор более 200 научных работ и ряда книг по истории компьютерной науки и техники.

**Марчук Гурий Иванович** — академик. В 1963-1980 гг. — организатор, директор Вычислительного центра СО АН СССР, в 1969-1975 — заместитель председателя, в 1975-1980 — председатель Сибирского отделения АН СССР, вице-президент АН СССР. В 1980-1986 — председатель ГКНТ, а в 1986-1991 гг. — президент АН СССР, Герой социалистического труда, лауреат Ленинской премии и Государственных премий СССР.

**Мельников Владимир Андреевич** (1928-1993) — академик, нач. лаборатории ИТМ и ВТ АН СССР в 1950-1978, зам. директора НИИ «Дельта» в 1978-1991, директор Института проблем кибернетики (ИПК) РАН в 1985-1993. Дважды лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии им. С.А. Лебедева АН УССР.

**Митропольский Юрий Иванович** — член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, сотрудник ИТМ и ВТ АН СССР с 1963 по 1978 гг., начальник отделения НИИ «Дельта» в 1978-1991, заведующий отделением ИПК РАН в 1986-1994, зам. директора ИВВС РАН в 1994-1999. С 1999 г. по настоящее время — заведующий отделом ИСА РАН.

**Осечинская Екатерина Сергеевна** — дочь С. А. Лебедева, преподаватель городской детской музыкальной школы им. И.С. Дунаевского.

**Осечинский Игорь Васильевич** — профессор Гематологического научного центра РАМН, доктор медицинских наук, автор работ в области эпидемиологии и лейкоза.

**Рабинович З.Л.** — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Украины, лауреат Государственной премии Украины, лауреат премии им. С.А. Лебедева НАН Украины, лауреат премии им. В.М. Глушкова НАН Украины, участник создания МЭСМ, главный конструктор ЭЭСМ, научным руководителем разработки которой был С.А. Лебедев.

**Рыжов Владимир Иванович** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР в 1953—1993, заместитель директора, кандидат технических наук, лауреат Государственной премии СССР.

**Рябов Геннадий Георгиевич** — член-корреспондент РАН, директор Института точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева АН СССР (РАН) с 1985 г. по настоящее время, лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии им. С.А. Лебедева Академии наук УССР, заслуженный деятель науки РФ.

**Смирнов Владимир Иванович** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР с 1953 по настоящее время, начальник отдела, лауреат Государственных премий СССР.

**Томили Александр Николаевич** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в 1956-1980, зав. отделом Института системного программирования РАН, доктор физ.-мат. наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РФ.

**Федоров Алексей Сергеевич** (1928-2001) — сотрудник ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР в 1951-1992, начальник отдела, кандидат технических наук, имеет правительственные награды за разработки ЭВМ.

**Хайлов Игорь Константинович** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в 1956—1986, нач. лаборатории, в настоящее время — старший научный сотрудник Института проблем информатики РАН, кандидат технических наук, лауреат Государственных премий СССР и премии им. С. А. Лебедева Российской академии наук.

**Хетагуров Ярослав Афанасьевич** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в 1950-1958 гг., в 1958-1986 зам. директора по научной работе НИИ «Агат», доктор технических наук, профессор МИФИ, лауреат Ленинской премии и премии Совета министров СССР.

**Элькснин Валентина Семеновна** — сотрудник ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в 1950-1990, бессменный референт директоров (академика М.А. Лаврентьева, академика С.А. Лебедева, академика В. С. Бурцева) с апреля 1950 г. по ноябрь 1982 г.

**Юдин Давид Борисович** — профессор, доктор технических наук, автор широко известных монографий по линейному программированию (в соавторстве с Е.Г. Гольштейном).

## Список сокращений <sup>1)</sup>

АК — аппаратный контроль  
АЛУ — арифметико-логическое устройство  
АП — ассоциативная память  
АСК — адаптер системного канала  
АТФ — адаптер телефонных каналов  
АУ — арифметическое устройство  
БИС — большая интегральная схема  
БПФ — быстрое преобразование Фурье  
БСЭ — Большая советская энциклопедия  
БЭСМ — Большая (быстродействующая) электронная счетная машина  
ВЗУ — внешнее запоминающее устройство  
ВИМИ — Всесоюзный институт межотраслевой информации  
ВИНИТИ — Всесоюзный институт научной и технической информации  
ВК — вычислительный комплекс  
ВПК — Военно-промышленная комиссия  
ВТ — вычислительная техника  
ВЦ — вычислительный центр  
ВЭИ — Всесоюзный электротехнический институт  
ГКНТ — Государственный комитет по науке и технике  
ГООЭЛРО — Государственный план электрификации России  
ГТГ — Государственная Третьяковская галерея  
ДГУ — Днепропетровский государственный университет  
ДЗУ — долговременное запоминающее устройство  
ЕС — единая система (применительно к ЭВМ)  
ЗУ — запоминающее устройство  
ЗУК — запоминающее устройство команд  
ЗЭМЗ — Загорский электромеханический завод  
ИВВС — Институт высокопроизводительных вычислительных машин  
ИМВС — Институт микропроцессорных вычислительных систем  
ИПК — Институт проблем кибернетики  
ИПМ — Институт прикладной математики  
ИС — интегральные схемы  
ИТМ и ВТ, ИТМ — Институт точной механики и вычислительной техники  
КМОП — элементы металл-окисел-полупроводник на кремниевой подложке  
КНР — Китайская Народная Республика  
КРА — контрольно-регистрающая аппаратура  
КЭШ — быстрая ассоциативная память процессора  
МАИ — Московский авиационный институт  
МБ — магнитный барабан  
МВК — многопроцессорный вычислительный комплекс  
МВТУ — Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана  
МГБ — Министерство государственной безопасности  
МГУ — Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
МИФИ — Московской инженерно-физический институт  
МЗУ — магнитное запоминающее устройство  
МКП — модульный конвейерный процессор  
МЛ — магнитная лента  
МНИИ-1 — Морской научно-исследовательский институт № 1  
МО — Министерство обороны  
МОЗУ — магнитное оперативное запоминающее устройство  
МРП — Министерство радиопромышленности

<sup>1)</sup> В данный список не вошли сокращения, фигурирующие в монографиях С.А. Лебедева «Малая электронная счетная машина» и «Электронная цифровая вычислительная машина БЭСМ», поскольку в них имеются свои списки сокращений.

Мслов — миллионов слов  
 МТГ — мультиплексор телеграфных каналов  
 МТФ — мультиплексор телефонных каналов  
 МФТИ — Московский физико-технический институт  
 МЭИ — Московский энергетический институт  
 МЭП — Министерство электронной промышленности  
 МЭСМ — Малая электронная счетная машина  
 НД-70 — новый диспетчер-70  
 НИВЦ — Научно-исследовательский вычислительный центр  
 НИИ — научно-исследовательский институт  
 НИИМЭ — Научно-исследовательский институт микроэлектроники  
 НИР — научно-исследовательская работа  
 НИЦЭВТ — Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники  
 НМБ — накопитель на магнитном барабане  
 НМЛ — накопитель на магнитной ленте  
 НПО — научно-производственное объединение  
 ОИЯИ — Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна)  
 ОП — оперативная память  
 ОЗУ — оперативное запоминающее устройство  
 ОКР — опытно-конструкторская разработка  
 ОС — операционная система  
 ПБПФ — процессоры, выполняющие задачу быстрого преобразования Фурье  
 ПВВ — процессор ввода-вывода  
 ПК — память команд  
 ПМ — периферийная машина  
 ПО — программное обеспечение  
 ППД — процессор передачи данных  
 ПРО — противоракетная оборона  
 ПСО — противосамолетная оборона  
 ПУ — пульт управления  
 РАН — Российская академия наук  
 РЗУ — ртутное запоминающее устройство  
 РЛС — радиолокационная станция  
 РС — рабочая станция  
 САМ — завод счетно-аналитических машин  
 САПР — система автоматизированного проектирования  
 СВМ — специальная вычислительная машина  
 СВС — специальная вычислительная система  
 СКБ — специальное конструкторское бюро  
 СМ — Совет министров  
 СМЕРШ — Смерть шпионам (7-е, контрразведывательное управление Генштаба Красной Армии в годы Великой Отечественной войны)  
 СО АН СССР — Сибирское отделение АН СССР  
 Совмин — Совет министров  
 СТДП — система тестовых и диагностических программ СЭСМ  
 — Специализированная электронная счетная машина ТТЛ —  
 транзистор-транзисторная логика УАУЧ — управление  
 арифметическим устройством чисел УВУ — устройство  
 управления внешними устройствами УК — управление команд  
 УССР — Украинская Советская Социалистическая Республика  
 УУ — устройство управления  
 ФРТК — Факультет радиотехники и кибернетики (МФТИ)  
 ЦКБ — центральное конструкторское бюро ЦККП — Центр  
 контроля космического пространства ЦП — центральный  
 процессор ЭСЛ — электронно связанная логика ЯВУ — языки  
 высокого уровня

## Именной указатель

- Абалышникова Л.А. 29, 264, 361  
Аваев А.В. 38, 266, 272  
Аверин Ю.С. 269, 271  
Агапов В.М. 282  
Акаловский И.В. 362  
Акопян Г. 294, 366  
Аксенова Ю.М. 274  
Александров В.С. 272  
Александров П.С. 252  
Алексеев А.А. 274  
Алексеев В.Я. 266, 268, 272, 274, 277  
Амбарцумян В.А. 289  
Андерсен Г.Х. 12, 429  
Андронников И.Л. 400  
Апокин И.А. 47, 48, 426, 427  
Ардов В. 325  
Аринь 290  
Аристотель 311  
Артамонов Г.Т. 268, 317, 383  
Артюхов В.Ф. 277  
Арцимович Л.А. 400  
Асриэли В.Д. 251  
Атанасов А. 427
- Бабаян Б.А. 254, 255, 269, 271, 277, 281, 312, 357, 372, 418  
Базилевский Ю.Я. 30, 35, 36, 266, 293, 351, 362, 383  
Байдуков Г.Ф. 41  
Бакулев П.А. 251  
Балакирев Н.Е. 282  
Барабошкин Ю.М. 252, 411, 412  
Барда А.А. 277  
Бардиж В.В. 34, 39, 266, 268, 277, 299, 301, 302, 372, 377, 381, 417, 429  
Барковский Б.А. 426  
Бауман Н.Э. 15, 17, 54, 358, 381  
Баяковский Ю.М. 273  
Белов М.А. 282  
Белоцерковский О.М. 310, 385, 429  
Беляев М.А. 29, 264, 361, 362  
Бережной Е.Ф. 275  
Березин Е.И. («Штепсель») 25, 324, 328, 329, 369, 399  
Березина Р.И. 25  
Березко А.М. 274  
Берия Л.П. 380  
Бетховен Л. ван 14, 25, 320, 397  
Бирюзов С.С. 291  
Благовещенская Ю.В. 355  
Благовещенский Ю.В. 356  
Благонравов А.А. 374
- Блок А.А. 14, 368  
Блюменфельд М.А. 16, 394  
Богданов И.Г. 45  
Боголюбов Н.Н. 30, 266, 287  
Богомолец А.А. 23-25, 306, 307, 328, 360  
Богомолец З. 25  
Богомолец О.А. 25  
Большаков О.А. 273  
Бондарчук С.Ф. 400  
Борисов П.В. 251, 274, 275  
Ботвинник М.М. 72, 339  
Ботвиновская Е.Б. 29, 264, 361  
Бочек 332  
Браун Я. 325  
Бруевич Н.Г. 33, 381  
Брук И.С. 36, 317, 351  
Бубенцев В.А. 277  
Булганин Н.А. 38  
Бунин И.А. 13, 320, 368  
Бурдонов И.Б. 276  
Бурцев В.С. 9, 34, 40, 41, 44, 47, 55, 238, 251-254, 266, 268-271, 274, 277, 281, 309-313, 354, 356, 357, 372, 374-377, 380, 383, 390, 391, 417, 420, 428-430  
Бяков А.Ю. 251, 276, 277, 282
- Вавилов С.И. 307  
Вайсбурд Б.А. 274, 275  
Валашек А.П. 39  
Валиев К.А. 278, 311, 429  
Васильев М. 229  
Васильев О.П. 266, 268, 269  
Васильевич И.В. 428  
Веденников Г.С. 339  
Векуа И.Н. 389  
Великовский М.Д. 269, 274, 281, 282  
Велихов Е.П. 427  
Веников 290  
Вересаев В.В. 11  
Веретенников С.В. 277  
Вернадский В.И. 15  
Вестник Е. 329  
Визун И.Д. 34, 266, 302  
Визун Ю.И. 296, 297, 299-304  
Виноградов И.М. 293  
Власова Е.М. 29, 366  
Вовк В.Б. 282  
Воздвиженский А.Н. 283  
Волков Е.А. 252  
Волконский В.Ю. 277  
Волкотт П. 428

- (Гольдштейн М.М.)
- Володарский В.  
268-270, 388
- Вольнский 322
- Воронцова 424
- Вулихман В.Е. 277
- Гаврюшин Н.К. 47
- Галецкий Ф.П. 254, 277, 281
- Галич А.А. 333
- Гамсун К. 320
- Гарф Б.А. 339
- Гацкий А.С. 10, 11, 13
- Гейм С. 426
- Гейштор А. 394
- Гердт З.Е. 324, 328, 398, 400, 425
- Герценберг Г.Р. 50, 72, 294
- Гилязов С.С. 277
- Гладыш А.Л. 29, 31, 264, 352, 361, 362
- Глазунов А.А. 16
- Глушков В.М. 7, 47, 354-357, 426, 427, 430
- Гмыря Б.Р. 369
- Гнеденко Б.В. 26, 32, 265, 354, 360
- Гнесины 16
- Го Можо 299, 305
- Говорун Н.Н. 258, 273
- Гоголь Н.В. 293
- Годар Б. 397
- Головина М.А. 276
- Головистиков П.П. 34, 39, 46, 48, 229, 266,  
268, 277, 372, 380, 381, 417, 429
- Голосов И.С. 277 Голубев В.В. 282
- Голубев О.В. 48, 251 Голубцова В.А. 327
- Гольдфарб А.П. (Алексеева) 19
- Гольдфарб И.Л. (Алексеева) 336
- Гольдфарб Л.С. 19, 328, 335, 336, 396
- Гольдфарбы 294 Гольштейн Е.Г. 430
- Городин Е.М. 277 Горохов Ю.И. 251
- Горшков Н.В. 319 Горшков П.В. 277
- Горштейн В.Я. 269, 271, 277, 281 Горький  
М. (Пешков А.М.) 10, 11, 46, 321 Гостева  
А.А. 282 Гото М. 224 Гофман В.И. 366
- Грабарь И.Э. 322 Градополов К. 325
- Гречко А.А. 307 Грибоедов А.С. 293 Григ  
Э. 14 Грин, Грэм 12 Гришаков Г.И. 254,  
277, 281 Гродский А.А. 19
- Грунфельд Р. 32
- Грунфельд Я.С. — см. Лебедев Я.С.
- Грызлов А.А. 48, 266, 269, 272, 277
- Губанов А.Ю. 282 Гудман С.Е. 428
- Гумилев Н.С. 14, 368 Гурвич А.Р. —  
см. Ритман А.Р. Гутенмахер Л.И. 366
- Гутер Р.С. 426, 427 Гушев С. 229
- Гущин О.К. 255, 269, 271, 277, 281, 283,  
422
- Давыдченков В. 426
- Дадиомов М.Я. 337, 338
- Данильченко И.А. 357
- Данте Алигьери 368
- Дашевская А.А. 29, 264, 361
- Дашевский Л.Н. 26, 27, 29, 33, 47, 55, 73,  
227, 228, 251, 264, 348, 349, 352, 353,  
355, 356, 427
- Дедешко Е.Е. 29, 264, 361 Добрецов Н.Л.  
428 Доброхотов Н.Н. 29, 30, 265, 364
- Дорлеак Н. 399 Дородницын А.А. 28, 32,  
37, 40, 265, 309,  
310, 357, 360, 368, 385, 426
- Драгунский В. 329 Дружинин  
294 Дудинцев В.Д. 333
- Дунаевский И.С. 430 Дьяков  
В.А. 288 Дюма А. 14, 350
- Епифанова А.П. 47
- Еругин Н.П. 290
- Ершов А.П. 252, 258, 309, 427
- Жданов П.С. 18, 19, 49, 54, 226, 227, 358
- Жемерикин Н.И. 277 Жиров В.Ф. 273,  
276 Жуковский В.А. 273, 282
- Забусов М. 271
- Завельский А.Ф. 282
- Завойский Е.К. 429
- Заика В.А. 29, 264, 361
- Займовская Т.А. 336
- Займовские 294, 336
- Займовский А.С. 28, 336
- Зак ЛА 44, 272, 273, 276, 277, 282
- Залесин В.П. 274, 277
- Зверков В.П. 274
- Зейденберг В.К. 399
- Зеленая Р. 322
- Зельдинова С.А. 282

- Зельдович Я.Б. 32  
Земгано И. 399  
Зимарев А.Н. 34, 38, 229, 266, 268  
Зимин 423  
Знаменский Ю.Н. 273, 276  
Зольников П.А. 374  
Зорина-Рапота З.С. 29  
Зошенко М.М. 324, 325  
Зубрилин Н.П. 39
- Ибсен Г. 320  
Иванников В.П. 273, 276, 277, 284  
Иванов А.П. 277  
Иванов В.А. 44, 273, 291, 430  
Иващенко В.А. 274  
Ильина В.П. 47  
Ильф И.А. (Файнзильберг) 21, 324, 325, 395  
Ильюшин С.В. 311 Иносов В.Л. 72  
Иосифьян А.Г. 19, 20 Ирбенек В.С. 254  
Исаев А.Г. 46, 47, 426 Ишков Н.М. 47  
Ишлинская Н.В. 25 Ишлинский А.Ю. 25, 26, 29, 30, 47, 265, 360, 364
- Кавдин 10  
Кадькова Н.В. 422  
Казакова Е.А. (Нелли) 20, 337-339  
Казанский С.Е. 269  
Калашников М.Т. 311  
Калинин М.А. 282  
Калмыков В.Д. 42, 45, 277, 319  
Каменский Ю.А. 48, 251  
Каменькович Б. 329  
Кантор Р.М. 227  
Канторович Л.В. 295  
Капица П.Л. 377  
Капралов Н.М. 10  
Карабутов С.Г. 269, 272  
Карабутова Н.Е. 282  
Карамзинский 11  
Карасев В.А. 227  
Карпинский С.Н. 274  
Карпов Л.Е. 274  
Катаев В.П. 325  
Катков В.А. 277, 295  
Квашнин Н.И. 272  
Келдыш М.В. 5, 8, 30-33, 35, 36, 42, 43, 51, 236, 258, 265, 266, 289, 293, 307, 310, 317, 352, 365, 374, 383 Ким Г.С. (Ким Генсик) 277, 281 Кисунько Г.В. 40, 41, 48, 251, 253, 288, 319, 369, 376
- Кнорозов С.Н. 274  
Кнунянц И.Л. 402  
Кобринский Г.Е. 426  
Ковалев В.И. 282  
Коваленко Л. 426  
Коган И.А. 400  
Кодкин И.И. 72  
Козлов А. 401  
Козлов Л.А. 274, 275  
Козлов Ф.Р. 146  
Козулин П.И. 269, 271  
Колесников В.Г. 255  
Коликов В.А. 276  
Колмогоров А.Н. 252, 392  
Коломийченко И. 25  
Колпакова А.И. 18, 47, 226, 358  
Кольцова С.Л. 271, 274, 277  
Кондаев А.И. 29, 264, 356, 361  
Коно Т. 224  
Конпкин В.Н. 254  
Корзун В.А. 341, 342, 344, 345  
Корзун В.И. 343  
Корзун В.К. 337  
Корзун Е.Г. 343, 344  
Корзун И.В. 20, 47, 334, 338, 340, 341, 344, 429  
Корзун И.Е. 344 Корзун Н.Е. 344 Корзун О.В. 335, 337  
Корзун С.В. 337 Корнеев Л.Н. 255 Королев Л.Н. 37, 42, 44, 46, 48, 251, 252, 254, 256, 272, 273, 291, 316, 388, 399, 420, 427-429  
Королев С.П. 6, 8, 51, 232, 311 Короленко В.Г. 11  
Корольков Ю.Н. 276, 282  
Корогаев Ю.С. 254, 282, 283  
Косачев А.С. 276 Костин В.И. 47 Котельников В.А. 293  
Кошкин М.И. 311  
Крайницкий В.В. 26, 29, 31, 264, 352, 361 Красников Г.Я. 255, 419 Крейн С.Г. 29, 265, 364 Кречетов Е.Г. 254  
Кржижановский Г.М. 10 Кривошеев Е.А. 251, 268, 269, 271, 274, 275  
Кровопусков В.И. 274 Кропачев Ю.А. 251 Круг К.А. 16, 17, 358 Крупский А.Ф. 269, 271 Крыленко Н.В. 336  
Крылов А.С. 268, 269, 271, 290  
Крылова Л.Д. 268, 269, 271, 274  
Кубертен 420

- Кузнецов И.Н. 282  
 Кузнецов С.Д. 276  
 Кузнецов С.П. 34, 266, 380  
 Кузьмин Н.В. 293, 324  
 Кузьмичев Д.А. 311, 428  
 Кунерт 322  
 Куприянова Н.И. 426  
 Курочкин 332  
 Курочкин В.А. 255  
 Курочкин В.М. 273  
 Курош А.Г. 31, 352  
 Курчатов И.В. 6, 8, 46, 51, 232, 311, 428  
 Кусенко О. 25  
 Кушнарв Л.И. 277  
 Кюри Ж. 308  
 Кюри М. 308
- Лаврентьев М.А. 25, 26, 28, 31-36, 46, 47, 220, 228, 231, 265, 287, 288, 292, 296, 304, 306, 309, 317, 329-331, 352, 353, 360-362, 370, 372, 374, 375, 377, 380, 381, 399, 426, 428-430  
 Лаврентьев М.М. 25  
 Лаврентьева В.Е. 25  
 Лаврентьева В.М. 25  
 Лаврентьевы 25, 400  
 Лазаренко К. 400  
 Лазурская Н. 25  
 Лазурский А.В. 25  
 Лакшин Г.Л. 254, 277, 281, 283  
 Ландер Е.П. 48, 268, 399  
 Лаут А.Г. 34, 266, 268, 269, 271  
 Лаут В.Н. 34, 39, 44, 266, 268, 272-274, 277, 281, 291, 379, 383, 417, 429  
 Лебедев А. 426  
 Лебедев А.И. 9-12, 14, 15, 46, 49, 320, 321, 426  
 Лебедев В.С. 345  
 Лебедев И.А. 9  
 Лебедев М.И. 9, 10, 13, 321, 326  
 Лебедев С.А. 5-9, 12-57, 72, 146, 225, 228, 229, 231-239, 244, 247, 249, 251-258, 260-266, 268-274, 276, 278, 281, 287-403, 421, 422, 424, 426-430  
 Лебедев С.С. 20, 32, 45, 47, 323, 338, 342, 344, 349, 371, 392, 394-397, 402, 429  
 Лебедев Я.С. 32, 344, 371, 400  
 Лебедева А.Г. 16, 19-25, 28, 32, 34, 45, 50, 288, 289, 292, 293, 295, 315, 316, 324-328, 330, 332-346, 349, 356, 359, 368, 369, 371, 372, 381, 384, 393-403  
 Лебедева А.П. (ур. Маврина) 10-14, 49, 322  
 Лебедева А.Я. 32  
 Лебедева Е.С. — см. Осечинская Е.С.  
 Лебедева Е.Я. 32
- Лебедева Ек.А. 11, 49, 322  
 Лебедева Еп.А. 11, 46, 49  
 Лебедева Н.В. 344  
 Лебедева Н.С. 9, 20, 25, 28, 31, 32, 37, 45, 46, 287, 297, 325, 332, 339, 340, 344, 345, 349, 371, 380, 394-399, 402, 403, 427, 429  
 Лебедева О.З. (ур. Васильева) 10  
 Лебедева О.М. 13, 46, 427  
 Лебедева С.Я. 32  
 Лебедева Т.А. — см. Маврина Т.А.  
 Лебедева Т.С. 12, 32, 47, 344  
 Лебедевы 49, 297  
 Ленин В.И. (Ульянов) 14-16, 37, 45, 55, 56, 220, 289, 290, 293, 358, 397  
 Леоненко А.В. 282  
 Лермонтов М.Ю. 293  
 Лесечко М.А. 33, 35, 374  
 Лесков Н.С. 293  
 Лещенко 321  
 Ли В.Л. 272, 276, 277, 282  
 Ли Дж.А.Н. 53  
 Лисовский И.М. 29, 264, 323, 352, 358, 361, 362, 429  
 Ломоносов М.В. 429  
 Лонглей 18  
 Лоуренс О. 12  
 Луначарский А.В. 14, 49, 321  
 Лыжников В.И. 274  
 Любимский Э.З. 273  
 Люстерник Л.А. 307  
 Лядов А.К. 398  
 Ляпунов А.А. 32, 53, 252, 265, 317, 318, 352, 364, 386, 421  
 Ляпуновы 294  
 Ляшко 294
- Маврин Н.П. 10  
 Маврина Т.А. 11-14, 16, 47, 49, 293, 320-324, 393, 429  
 Маев А.В. 282  
 Майстров Л.Е. 426  
 Максаков В.И. 276  
 Маленков Г.М. 327  
 Малинин А.И. 284  
 Малиновский Б.Н. 9, 47, 48, 251, 327, 328, 350, 356, 357, 426, 428, 429  
 Мальшин А.В. 277, 281  
 Мане Э. 322  
 Мараховский В.И. 269  
 Марков 295  
 Марченко Г.С. 274  
 Марчук Г.И. 45, 292, 295, 309, 310, 426, 428, 430  
 Марчук О.Н. 295  
 Марьяновский Д.И. 19, 20, 328, 397  
 Матясова Л.Г. 282

- Медовар Б.И. 287  
Меер-Грефе 322  
Мельников В.А. 34, 38, 42, 44, 48, 55, 146, 229, 231, 247, 251, 266, 268, 272, 273, 276, 277, 284, 291, 296, 297, 299, 302-304, 309, 311, 312, 372, 380, 383, 388, 390, 391, 417, 426-428, 430  
Меркулов Н.И. 230  
Мико П.С. 274  
Микоян А.И. 311  
Миллионщиков М.Д. 293  
Милях А.Н. 25  
Мин Пайда 297  
Минасян М.Т. 48, 251  
Минц А.Л. 292, 295  
Митропольский Ю.И. 251, 273, 276, 284, 390, 430  
Михайленко Н.А. 29, 264, 361  
Михайлов А.В. 19, 20  
Михайлов И. 323  
Мицкевич С.И. 14  
Мозыра Ю.С. 29, 264, 361, 362  
Мохель Л.Л. 399  
Мочли Дж. 24  
Мукин А.Н. 282  
Мур 312  
Муравьев В.П. 332, 401, 402  
Мусхелишвили Н.И. 288, 294  
Мухин И.С. 301
- Назаренко И.Д. 363  
Назаров Л.Н. 271, 277, 281  
Нансен Ф. 13, 321  
Наумов И.И. 277  
Нейман Дж. фон 24, 27, 249, 264, 351, 364  
Ненароков А.Ф. 274  
Неслуховский К.С. 34, 38, 229, 266, 373, 380, 423  
Несмеянов А.Н. 287, 288, 305  
Нестеренко А.Д. 426  
Нестеров Е.М. 269, 272, 277  
Нетушил А.В. 22, 287, 327, 328, 336, 338-341, 359, 394, 395  
Нетушил В.И. 337  
Нетушил Е.И. 337  
Нечепуренко М.И. 389  
Никитин Б.Д. 282  
Никитин М.Ю. 274  
Никитин Ю.В. 269, 271, 277  
Никишин Ю.В. 269, 272, 277  
Никольская Ю.Н. 271, 277  
Никольский С.М. 389  
Нитусов А. 428  
Ницше Ф. 7  
Новиков А.А. 254, 268, 271, 274, 277, 281, 311, 312, 428
- Обидин Д.И. 271, 274  
Овчаренко Ф.Д. 29, 265, 364  
Одесский М.И. 274  
Окулова И.П. 26, 29, 31, 264, 352, 361  
Олевские 294  
Олевский Л.Б. 25, 328, 329, 398, 399, 401  
Олеша Ю.К. 324, 325  
Определенов И.Н. 277, 281  
Орлов Г.М. 269, 271, 274  
Орлов Л.А. 266, 317, 318  
Осечинская А.И. 345  
Осечинская Е.И. (Лобова) 34, 344, 393  
Осечинская Е.С. (ур. Лебедева) 13-16, 20, 25, 34, 47, 325, 332, 339, 340, 343-345, 349, 371, 380, 395-399, 402, 430  
Осечинский И.В. 34, 344, 345, 393, 430  
Осипов А.В. 277  
Осипов Ю.С. 5, 6  
Остапчук П.М. 362  
Острецов Ю.Д. 274, 275  
Офенгенген Р.Г. 29, 31, 264, 352, 366
- Павликов А.А. 230, 266, 296, 297  
Палладин А.В. 25  
Панов А.В. 10  
Панов Д.Ю. 268, 301, 307  
Пархоменко И.Т. 29, 264, 361  
Паршин П.И. 33, 307, 374  
Патон Б.Е. 7, 8, 32, 232, 287-289, 354, 357, 370, 427  
Патон Е.О. 287  
Пахомов В.М. 272  
Пекелис В.Д. 426  
Пентковский В.М. 277  
Перекатов В.И. 277  
Петере 307  
Петров В.Ф. 269, 271, 274  
Петров Е.П. (Катаев) 21, 324, 325, 395  
Петрова В.Л. 21, 395  
Пецух Т.Н. 29, 264, 361, 362  
Пивненко В.И. 274  
Пивненко В.М. 269  
Пикассо П. 12  
Пилюгин Н.А. 311  
Пиневич М.М. 29, 264, 352, 361  
Пискунов А.И. 14  
Плоткин А.Л. 254  
Плотников М.А. 10  
Погребинский С.Б. 29, 31, 264, 352, 356, 361, 362  
Подгорнова С.Л. 274  
Подгорный В.Л. 277  
Поддубенский Х.В. 10  
Подшивалов Д.Б. 252, 273-275  
Поздняков С.Л. 266, 314, 317, 426

- Покровская А. 10  
 Покровский А. 428  
 Полунов Ю.Л. 426, 427  
 Понтрягин Л.С. 252  
 Попов 10  
 Попов А.С. 274  
 Порет А. 399  
 Похило Н.П. 29, 356  
 Походило П.В. 426  
 Пудов А.В. 422  
 Пупков Б.Д. 48, 251  
 Пухов Г.Е. 426  
 Пушкин А.С. 11-13, 47, 293, 321, 368, 394, 416  
 Пшеничников Л.Е. 274, 277  
 Пырченков В.Н. 277, 281
- Рабинович 403  
 Рабинович З.Л. 26, 29, 47, 264, 345-348, 355, 361, 403, 426, 427, 430  
 Разроев В.П. 269 Рамеев Б.И. 35, 351, 362 Ранке 320  
 Рапота З.С. 31, 264, 352, 361, 362  
 Расплетин А.А. 45, 312 Ратнер Е.С. 336, 342 Ратнер Н.Е. 343  
 Рахманинов С.В. 397 Рейх Г. Дж. 361 Ренькас С.Ф. 282 Репин В.М. 282 Решетников В.Н. 428  
 Ритман А.Р. (ур. Гурвич) 16, 324, 393, 403  
 Ритман И.А. 16, 325, 393 Ритман Р.И. 16, 324-326 Рихтер С.Т. 25, 324, 329, 369, 398, 399 Рогалев Р.И. 282 Родионов В.М. 282 Розенцвайг С.Б. 29, 31 Розов Н.Х. 427 Романов Н.В. 10 Ротов К. 325  
 Рубакин Н.А. 11 Руднев К.Н. 291, 293  
 Румянцев Е.М. 274 Румянцев Ю.С. 277  
 Руцкая З.А. 272 Рыжов В.И. 268, 269, 271, 277, 375, 376, 420, 430  
 Рыкунин Н. 329 Рябов Г.Г. 43, 45, 251, 252, 254, 255, 277, 281, 283, 311, 312, 372, 377, 378, 420, 427, 428, 430 Рябцев Ю.С. 254, 274, 275, 277, 281
- Савин Г.Н. 32  
 Сазанов И.М. 282  
 Сазанов П.И. 72  
 Сазанова П.И. 226  
 Салтыков-Щедрин М.Е. 293  
 Самарский А.А. 310  
 Сангалов В.В. 277  
 Сафонов Е.В. 277  
 Сахаров А.Д. 37, 311, 333  
 Сахин Ю.Х. 269, 271, 277, 281  
 Светлов М.А. 21, 325, 384  
 Свечарник Д.В. 19, 20, 22, 325-328, 335, 336, 359, 394  
 Седаш А.Э. (дочь Н.С.Лебедевой) 32, 345  
 Селиванов В.С. 390 Семендяев К.А. 28, 30, 31, 266, 352 Семенихин С.В. 277, 281  
 Семенов Н.Н. 377  
 Семеновский А.Г. 29, 31, 264, 361, 362  
 Семешкин В.Я. 44, 273, 291 Сендов Х. 427 Сердюкова О.Н. 282 Сидоров-Бирюков В.Д. 282 Силин И.Н. 273  
 Сильвестров 307 Симонов Е. 340  
 Синельников Ю.Н. 269, 274  
 Сиротинский Л.И. 16 Сичкин Б.М. («Буба Касторский») 25, 324, 328-330, 400, 401 Скиталец С.Г. (Петров) 11 Скрябин К.И. 293 Скурат Н.К. 282 Смирнов В.И. 44, 272, 273, 276, 277, 384, 385, 391, 430 Смирнов Ю.П. 291  
 Смирягин В.П. 34, 266, 380 Соболев С.Л. 31, 36, 294, 317, 352 Соколов А.А. 42, 44, 247, 266, 268, 272, 273, 276, 277, 282, 388 Соколов В.М. 39, 269, 271, 291  
 Солженицын А.И. 333  
 Солодовников В.В. 19 Сотский Н.М. 251 Софронов П.Д. 274  
 Сталин И.В. (Джугашвили) 33  
 Стеклов В.А. 38, 306 Степанов А.М. 252, 254, 255, 271 Степанов В.И. 274, 420 Стогний А.А. 356, 426 Суворов А.В. 394 Судариков С.И. 266, 269 Сулим М.К. 39, 42, 268, 356 Сулим Н. 291 Сулова Т.М. 282 Сухой П.О. 311
- Сабунаев М.В. 9

- Сызько Э.В. 277  
Сычева М.П. 39, 268, 381, 399
- Тарасенко В.В. 345  
Тарасенко Л.Г. 251  
Теплицкий Л.А. 272, 277  
Тетельбаум С.И. 349  
Тимиразев К.А. 369  
Тимошенки 294  
Тимошенко Ю.Т. («Тарапунька») 25, 324, 328, 329, 369, 399, 401 Тихомиров В.В. 318 Тихомирова А. 10 Тихонов А.Н. 30, 252, 266, 310 Тихонова М.В. 268, 271  
Томас Е.Я. 402 Томилин А.Н. 42, 44, 252, 253, 256, 273, 276, 388, 430 Топорков В.В. 428  
Топчиев А.В. 287, 288 Топчиев Г.М. 294  
Торчигин В.П. 277 Трапезников В.А. 36, 317, 347 Трегубов К.Я. 251, 274  
Третьяков 293 Трофимов Б.М. 255  
Троцкий Л.Д. (Бронштейн) 16  
Тукачинский М.С. 426 Тюрин В.Ф. 273, 281, 282 Тяпкин М.В. 39, 44, 266, 268, 272, 273, 277, 281, 282, 291, 372, 383
- У Дзикан 296  
Ушинский К.Д. 9, 11
- Фадеев А.А. 21  
Фадеев М.Ф. 272, 274, 325  
Фан Синби 296  
Фастовский 294  
Федоров А.С. 34, 39, 230, 266, 268, 272, 296, 297, 333, 380, 381, 430  
Федоров В.Б. 39, 251  
Федосеев Н.А. 47 Фельдбаум А.А. 20, 347 Фетисов Н.С. 274 Фильцев Э.Р. 272, 277  
Флинн 385 Фоменко А.К. 274  
Францевич И.Н. 25 Френель О.Ж. 36 Фролов В. 427  
Фурман Н.И. 264, 361  
Фуртичев В.С. 277
- Ха Хаодзун — см. Хэ Хаодзун  
Хавина Д.Я. 393
- Хавкин 422, 423  
Хайлов И.К. 269, 271, 274, 277, 281, 316, 389, 430 Халатов 399 Хамчук П.П. 274 Харитон Ю.Б. 255  
Харкевич А.А. 26, 29, 47, 360, 366, 400  
Хаям Омар 368  
Хетагуров Я.А. 270, 271, 381, 389, 430  
Хоменко Л.Г. 47, 48, 426, 427 Хомская О. 426 Христианович С.А. 220, 228 Хрушев В.М. 227 Хрушев Н.С. 41, 307, 363  
Хрущева Е.В. 25 Хуа Локен 298, 299 Хэ Хаодзун 296
- Цанг Ф.Р. 281  
Цукерник И. 293  
Цукерник Л.В. 23, 25, 26, 47, 55, 72, 226, 227, 287, 293, 328, 346, 360, 362, 427  
Цукерники 25, 291
- Чайковский Л.Ф. 276, 282  
Чайковский М.Г. 273, 274, 276, 281, 282  
Чебышев П.В. 23, 294  
Чейшвили О.В. 399  
Челурнов 422  
Чернова Л. 47, 427  
Черномырдик 390  
Черняк Е. 289  
Черняк Р.Я. 29, 264, 288, 289, 349, 350, 355, 356, 361  
Черняк С.Р. 289 Черняк Ю.Р. 289  
Черняки 31, 288, 289 Чехлов В.С. 273, 276, 277 Чжоу Эньлай 297 Чиликин М.Г. 21 Чудновская Л.А. 336 Чуковский К.И. 21, 325, 395 Чунаев В.С. 254, 266, 268, 269, 277, 281, 312, 420
- Шалюхин Д.В. 345  
Шарапов Ю.И. 277  
Швец И.Т. 29, 30, 265, 364, 426  
Шекспир У. 368  
Шемаев А.М. 335, 340  
Шереметьевский Н.Н. 20  
Шимко В.И. 255  
Шириков В.П. 273  
Шиян Ф. 28  
Шкабара Е.А. 26, 27, 29, 31, 33, 47, 55, 73, 227, 228, 251, 264, 346, 352, 353, 356, 427

- Шмидт О.Ю. 37  
Шмидт С.О. 37, 394  
Шмыглевский Ю.Д. 296, 298, 301, 302  
Шнитман В.З. 251  
Шопен Ф. 397, 398  
Шпаков О.Н. 274, 277  
Штаркман В.С. 273, 318  
Штейнберг А.Г. — см. Лебедева А.Г.  
Штейнберг Г.Е. 16  
Штейнберг Е.С. 20, 332, 393  
Штерн Л. 28  
Шулейко М.Д. 29, 31, 366  
Шура-Бура М.Р. 32, 38, 39, 228, 265, 268,  
307, 427  
Шуров А. 329
- Щербачев О.К. 266, 268, 272, 276, 282,  
296-300, 399  
Щукин Н.А. 376
- Щусев А.В. 35
- Эдисон Г.А. 402  
Эккерт Дж. 24  
Элиашвили А. 290  
Элькснин В.С. 36, 37, 48, 370, 399, 430  
Эрнст В. 428  
Эсенбаев М. 400
- Юдин Д.Б. 392, 430  
Юматов К. 294
- Яковлев А.С. 311  
Ялунин Е.В. 274, 277  
Ямасита Х. 224  
Янгель М.К. 311  
Янь Пэйлин (Ян Пыйлин) 299, 300,  
302-305  
Ярошенко В. 427