

**Труды Виртуального компьютерного музея**

([www.computer-museum.ru](http://www.computer-museum.ru))

**История отечественных управляющих**

**вычислительных машин**

**(1955—1987 гг.)**

**Под редакцией д.т.н, профессора Я. А. Хетагурова**

**Москва, 2011 г.**

## **Аннотация**

Появление этой книги по истории отечественных управляющих вычислительных машин (УВМ) непосредственно связано с 11-летней деятельностью Экспертного совета Виртуального компьютерного музея ([www.computer-museum.ru](http://www.computer-museum.ru)), организованного Э. М. Пройдаковым. В книге впервые приведены собранные в музее уникальные данные по отечественным УВМ, которые были созданы с начала 1956 по 1987 гг. в ведущих организациях различных министерств СССР. Данные по вычислительным машинам предоставлены их разработчиками.

Идея создания этой книги родилась в результате появления в последние 10—15 лет значительного числа фальсификаций, касающихся отечественных УВМ. В частности ведётся активная пропаганда об отсутствии у нас отечественных УВМ и копировании иностранных разработок в этой области. Данная работа показывает, что отечественные разработчики создали широкий спектр УВМ различного назначения не имевших зарубежных аналогов и часто превосходящих западные разработки в части архитектурных и программных решений.

Книга предназначена для широкого круга специалистов по ВТ, преподавателей, студентов и аспирантов технических специальностей вузов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 10-07-00499.

# Оглавление

<b>Глава 1</b> .....	<b>6</b>
Введение. Этапы развития .....	6
<b>Глава 2. Стационарные и подвижные вычислительные машины</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1. Разработки Института точной механики, вычислительной техники АН СССР</b> .....	<b>18</b>
Специализированные цифровые вычислительные машины «Диана-1», «Диана-2» .....	18
ЭВМ М-40 .....	19
ЭВМ М-50 .....	19
ЭВМ 5Э926 .....	19
ЭВМ 5Э51 .....	19
ЭВМ 5Э65 .....	20
ЭВМ 5Э67 .....	21
ЭВМ 5Э26 .....	21
ЭВМ 40У6 .....	22
МВК «Эльбрус» .....	23
<b>2.2. Разработки СКБ-245 (по материалам В.В. Пржиялковского и В.И. Штейнберга)</b> ..	<b>25</b>
ЭВМ М-56 .....	26
ЭВМ «Кристалл» .....	26
ЭВМ «Гранит» .....	27
ЭВМ «Погода» .....	27
ЭВМ М-46 .....	28
ЭВМ М-17 и М-27 .....	29
ЭВМ «РАДОН» .....	30
Вычислительная система МСМ 34 .....	34
БВК «Бета-3М» .....	35
<b>2.3. Разработки НПО «Агат»</b> .....	<b>37</b>
<b>2.3.1. Специализированная вычислительная машина 5Э89</b> .....	<b>37</b>
Состав СВМ 5Э89 .....	37
Краткое описание принципов построения устройств .....	39
Система команд .....	43
Основные элементы СВМ .....	45
Конструкция СВМ 5Э89 .....	50
Приборы 1 и 2 .....	53
<b>2.3.2. Алгоритмическая ЭВМ</b> .....	<b>57</b>
<b>2.4. Разработки ВНИИЭМ</b> .....	<b>66</b>
<b>2.5. Разработки НИИВК (по материалам Ю. В. Рогачева)</b> ..	<b>71</b>
ЭВМ М-4 .....	71

ЭВМ М4-2М .....	73
ЭВМ М-10 .....	78
Вычислительные комплексы на М-10 и М-10М .....	86
Вычислительный комплекс 5Э52 .....	86
Вычислительный комплекс 63И6 .....	86
ЭВМ М-13 .....	88
Технические характеристики ЭВМ М-13 .....	91
2.6. Разработки НИИ ДАР (ранее НИИ-37) ЭВМ «Т-340А» и «К-340А» .....	95
2.7. Разработки Центра микроэлектроники (Зеленоград) ..	98
ЭВМ «Алмаз» и «5Э53» .....	98
2.8. Разработки НИИ ЭВМ г. Минск .....	101
Основные технические характеристики РВ-3 .....	103
Характеристика ОС РВ ЭВМ105 .....	103
Особенности РВ ЭВМ .....	103
<b>Глава 3. Бортовые управляющие вычислительные машины (БУ ВМ) .....</b>	<b>107</b>
3.1. Авиакосмические управляющие вычислительные машины .....	107
3.1.1 Этапы развития разработок БУ ВМ НИИ «Аргон» (по материалам Штейнберга В. И., Чеснокова В. В.) .....	107
БЭВМ первого этапа .....	108
Машины второго этапа .....	112
БЦВМ «Аргон-1» .....	119
БЦВМ «Аргон-10М» (А-10М) .....	121
БЦВМ «Аргон-11с» .....	123
БЦВМ А-12с .....	126
БЦВМ «Аргон-15» .....	128
БЦВМ «Аргон-17» .....	130
БЦВМ А-40 .....	135
БЦВМ А-50 .....	138
БВК «Бета-2» .....	143
3.1.2. Разработки НПОЭА г. Ленинград .....	145
3.1.3 Разработки НПО Хартрон и ПО «Киевский радиозавод» ...	145
3.2. Корабельные вычислительные машины .....	146
3.2.1. Разработки НПО «Агат» .....	146
Семейство систем построенных на полупроводниковых триодах П16Б и диодах Д9Д. ....	146
СЦВМ «Корень» .....	146
СЦВМ «Туча» .....	148
Семейство систем , построенных на модулях Азов — «Азов» Альфы, Атолл, Алмазы, Абрис, Аллея .....	150

Принципы построения набора электронных модулей для создания вычислительных систем .....	167
Семейство систем построенных на машинах Атака, Арка, Арфа — Омнибусы, Альт, Акация, Бурав, Айлама, Напев, Арбат. ....	191
СЦВМ «Атака» .....	191
СЦВМ «Арка» .....	196
СВС «Напев» .....	198
ЦВС «Айлама» .....	199
Система «Акация» .....	200
СЦВМ «Арфа» .....	201
КЦВС «Арбат» .....	203
СВС «Бурав» .....	204
3.2.2 Разработка Киевского НИИ радиоэлектроники. ....	205
Семейство БЦВМ «Карат» .....	205
<b>Глава 4. Программное обеспечение спецЭВМ (по материалам В.В. Липаева) .....</b>	<b>207</b>
Особенности создания программ реального времени .....	208
Развитие технологии и инструментальных средств .....	211
<b>Заключение .....</b>	<b>215</b>

## **Глава 1**

### **Введение. Этапы развития**

Вычислительная техника в СССР развивалась по двум практически независимым друг от друга направлениям. Наряду с созданием машин общего назначения, или универсальных машин разрабатывались специализированные управляющие вычислительные машины для систем оборонного назначения. К последним предъявлялись более высокие требования в части надежности их работы в различных условиях и достоверности выдаваемых данных. Более жесткие требования предъявлялись и к их обслуживанию в процессе эксплуатации. Эти обстоятельства сильно повлияли на конструкцию, структуру построения и технологию изготовления спецмашин.

Представляется важным рассмотреть историю развития этих ВМ, так как при их создании использовались оригинальные системные, схемотехнические и конструкторские решения. Слабо развитая элементная база стимулировала поиск нетрадиционных решений, которые подчас приводили к появлению спецмашин и оборонных систем, по многим показателям превосходящих существовавшие.

Ниже мы рассмотрим наиболее интересные специализированные управляющие ВМ, которые выпускали серийно для оборонных систем, а также опишем оригинальные решения, использованные в экспериментальных машинах.

Применение счетно-решающих приборов, а впоследствии специализированных цифровых вычислительных машин в различных родах войск в значительной мере определялось потребностями обороны и стремлением к сокращению военных расходов.

Использование счетно-решающих приборов и цифровых вычислительных машин дало возможность при возрастании скорости движения и увеличении дальности стрельбы существенно улучшить точность стрельбы по неподвижным и подвижным целям со стационарных и перемещающихся объектов.

Повышение точности стрельбы, связанное с точностью определения скорости движения цели и расстояния до нее, существенно уменьшило расход снарядов, ракет и бомб, что повысило экономичность решения задач обороны.

Таким образом, можно отметить, что экономические требования сокращения затрат стимулировали применение и развитие счетно-решающих и цифровых вычислительных машин в военном деле.

Математической основой приборов управления стрельбой является решение задач определения скорости движения цели и встречи снаряда с це-

лю. Для этого производится построение упредительного треугольника, в который входят все данные, требуемые для проведения стрельбы.

Начиная с предвоенных лет и до конца 40-х годов получение данных для стрельбы производилось с использованием механических построителей, коноидов, дифференциалов и следящих систем, на основе которых были созданы приборы управления зенитно-артиллерийским огнем (ПУАЗО) для противосамолетной обороны; приборы управления стрельбой (ПУС) для корабельной артиллерии; приборы стрельбы торпедами (ТАС — торпедный автомат стрельбы); приборы для бомбометания.

С появлением вращающихся трансформаторов и сельсинов, а также усилителей постоянного тока с отрицательной обратной связью задачи определения данных для стрельбы реализовались с их использованием. Эти технические решения широко применялись с 1947 г. по 1958 г.

Точность решения задачи встречи, т. е. упредительного треугольника, составляла 0,5—2% от максимального значения величины. Точность выдаваемых данных в этих счетно-решающих приборах была напрямую связана с точностью их изготовления. Особенность работы этих приборов заключалась в том, что данные выдавались непрерывно, а задержка в их выдаче, которая оценивалась десятными долями секунды и являлась динамической ошибкой, учитывалась при проектировании.

Затраты труда на изготовление механических счетно-решающих устройств были велики, потому что требовались высококвалифицированные рабочие и высокоточные станки. Переход на электромеханические и электронные устройства (вращающиеся трансформаторы, сельсины и усилители постоянного тока с отрицательной обратной связью) привел к уменьшению габаритов приборов и значительно сократил трудовые затраты на их изготовление.

Дальнейшее развитие средств обороны шло по пути увеличения точности и дальности поражения, повышения мощности средств уничтожения, увеличения скоростей перемещения, а также автоматизации операций управления оружием. Однако для этого требовалось значительное повышение затрат на изготовление и эксплуатацию приборов. Так, увеличение числа целей приводило к пропорциональному увеличению числа счетно-решающих устройств, так как каждое устройство решало задачу встречи одной пары — цели и снаряда. Задача определения параметров движения цели — скорости и направления — также решалась на отдельном счетно-решающем устройстве. Увеличение числа целей приводило к пропорциональному увеличению числа устройств.

Увеличение эффективности применения оружия каждым родом войск достигалось главным образом повышением точности стрельбы, которая определялась точностью исходных данных, возможностью учета различ-

ных факторов, влияющих на точность стрельбы (например, качка, ветер), качеством обработки этих данных.

Только применение цифровых вычислительных машин позволило обеспечить непрерывное повышение точности расчетов, учета появляющихся новых факторов, увеличение диапазонов исходных данных и использование нового оружия.

Использование вычислительных машин дало возможность решать логические и вычислительные задачи любой сложности.

Цифровые вычислительные машины создают условия для создания комплексных систем управления войсками, что приводит к росту их эффективности.

Однако для применения ВМ в военном деле были необходимы:

1) электронные элементы, имеющие достаточное быстродействие и обладающие высокой надежностью при работе в широком диапазоне температур, в условиях высокой влажности и различных механических нагрузок (вибрация, удары);

2) методики, отвечающие требованиям эффективного решения задач построения и проектирования ВМ и ее основных частей (арифметического устройства, памяти, устройства управления, системы питания, устройства обмена);

3) вычислительная математика, позволяющая формулировать и численно с требуемой точностью решать задачи по применению оружия и управлению родами войск;

4) средства для преобразования измеряемых параметров в числа, с которыми работают ВМ, и обратного преобразования полученных в виде чисел решений в физические перемещения или углы поворота;

5) конструкторское оформление ВМ, обеспечивающее его надежную работу при различных механических и климатических условиях.

Наиболее сложной и дорогой по затратам было решение проблемы создания надежных и быстродействующих электронных элементов. Только развитие электронной полупроводниковой промышленности создало условие для построения военных ВМ, отвечающих необходимым требованиям. Такие элементы появились в Советском Союзе в 1956—1958 годах, впоследствии они непрерывно совершенствовались.

Для создания военных ВМ, работающих в системах, нужно было подготовить кадры, способные комплексно решать проблемы их проектирования и производства. Эти люди должны были хорошо разбираться как в технических и производственных проблемах, так и в математических, связанных с алгоритмами, численными методами решения и программированием.

По вопросу подготовки таких специалистов в середине 1950-х годов в США возникла дискуссия: на основе какого базового образования — тех-

нического или математического — готовить таких специалистов? Какой главный конструктор ВМ окажется более приспособленным для этой работы — с техническим или математическим образованием?

Развитие военных ВМ показало, что в СССР и в США более востребованными оказались главные конструкторы с инженерным образованием.

Как выяснилось, делать ВМ для военного потребления было значительно труднее, чем для гражданского. Во-первых, необходимо было обеспечивать высокую надежность их работы и удобство эксплуатации; во-вторых, надо было учитывать то, что эти машины будут функционировать в сложных климатических условиях и при больших механических нагрузках.

Определились три основные сферы применения ВМ в военной области, которые отличались по климатическим и механическим условиям эксплуатации:

1) в стационарных условиях — в помещениях на земле;

2) в прицепах или контейнерах, которые транспортируются воздушным, водным, железнодорожным, автомобильным транспортом и включаются в работу после установки на позиции;

3) на подвижных объектах для выполнения вычислений в процессе перемещения объекта. Эти ВМ получили наименование «бортовых».

В свою очередь бортовые ВМ по месту их установки делятся на следующие группы: 1) возимые; 2) авиакосмические; 3) ракетные; 4) морские.

К возимым относятся ВМ, устанавливаемые на танках, автомашинах и других подвижных средствах. Другие группы не нуждаются в пояснениях.

Деление на группы обусловлено большой разницей в требованиях к условиям работы аппаратуры и затратами на их проектирование и, главным образом, производство. Создание унифицированной ВМ, удовлетворяющей требования всех групп, приводило в среднем к увеличению затрат в 5—7 раз по отношению к затратам на отдельную группу, а учитывая разные потребности групп в ВМ, экономически такое решение оказалось весьма расточительным.

В 1956—1958 гг. в СССР было начато производство сплавных транзисторов, а уже в 1960—1962 гг. были созданы передвижные ВМ для нужд ПВО, обеспечивавшие сопровождение многих десятков целей и управление зенитно-ракетными комплексами, а также стационарные ВМ.

В 1960—1970-е годы был изготовлен ряд бортовых ВМ для самолетов, ракет, кораблей и подводных лодок.

При создании военных ВМ разработчики столкнулись с двумя группами проблем.

Первая группа была связана с алгоритмами задач, составом команд и программами задач, которые должна выполнять система, а вторая — с техническими проблемами по построению ВМ их габаритами, массой (весом) и, главное, с требованиями обеспечения высокой надежности работы.

Решение первой группы задач во многом определяло проблемы второй группы (быстродействие, объём памяти). На задачи первой группы существенное влияние оказывала организация работ, связанная с применением ВМ в конкретной системе. При проектировании ВМ в организации, которая отвечает за создание системы, разрабатывает алгоритмы решения задач, программы, определяет требования к быстродействию и объемам памяти, а также к составу команд, обычно достаточно быстро согласовывались эти требования между разработчиками алгоритмов, программ и ВМ в виду наличия одной цели и отсутствия организационных или ведомственных барьеров. Технические решения получались рациональными для системы как по объемам аппаратуры, так и по надежности работы.

При создании ВМ в организации не отвечающей за построение системы и связанной с ней договорными обязательствами, согласование требований к ВМ становилось серьезной задачей. При определении требований к ВМ заказчики обычно их завышают, иногда значительно, как для гарантий возможных увеличений быстродействия и объемов памяти, так и габаритно-весовых характеристик и показателей надежности. Эти обстоятельства ставят разработчика ВМ в тяжелые условия в результате которых создаются ВМ, имеющие повышенные габаритно-весовые характеристики. Система использующая ВМ, получается менее рациональной.

Как правило, организационные и ведомственные барьеры препятствуют поиску взаимно выгодных условий и созданию рациональной ВМ и системы. В большинстве случаев руководители беспокоятся о сроках разработки ВМ и ответственности за их выполнение.

Отметим, что при проектировании универсальных ВМ вопросы поиска рациональных технических решений построения в части габаритных показателей и надежности не являются главными. Кроме того, время разработки отдельной машины редко связывается с построением системы.

Разработчикам военных ВМ, пришлось решать задачи по минимизации их объема и массы, потребляемой энергии, построению систем охлаждения и главное — обеспечению высокой надежности работы. Эти задачи непосредственно связаны с алгоритмами, которые решались системой, областью и условиями эксплуатации, а также организацией и технологией изготовления ВМ.

Для построения ВМ с оптимальными характеристиками была разработана стратегия проектирования систем, направленная на создание алгоритмов, не требующих высокой производительности и использующих малые объемы памяти, а также на применение схем и устройств ВМ, максимально реализующих частотные характеристики элементов. В этих ВМ рационально решались задачи повышения скорости работы схем с полупроводниковыми элементами, уменьшения габаритов, сокращения потребления электроэнергии, устойчивости к механическим и климатическим воз-

действиям и главным образом обеспечения высокой надежности. ВМ, спроектированные по изложенной стратегии, получили название специализированных. Они предназначались для решения определенных классов задач, решаемых на самолете, корабле, в ракете и т. п.

Создание специализированных ВМ для различных групп применения требовало значительно больших затрат интеллектуального труда, чем при построении универсальных машин. Проблемы программного обеспечения решения задач систем в установленные сроки приводили к необходимости внимательного отношения к составу команд ВМ, к объемам программ, требуемому времени ее выполнения. Только комплексный анализ перечисленных факторов с учетом достигнутых промышленностью характеристик элементов и материалов обеспечивал создание систем с ВМ, которые соответствовали поставленным условиям.

В Советском Союзе ряд созданных специализированных ВМ не следовала всем фон-Неймановским принципам построения вычислительных машин.

В этих спецВМ память для команд и память для чисел были независимы. Такое построение увеличивало производительность и исключало случайности, связанные с программами (с возможностью появления вирусов), упрощало решение задач по защите от несанкционированных действий. Большинство спецВМ, созданных в СССР, как потом оказалось, соответствовало по современной терминологии структуре «Риск».

При проектировании спецВМ, предназначенных для расчета стрельбовых данных, а также управления движением объекта, большое внимание обращалось на высокую достоверность работы, так как неправильные данные приводили к срыву выполняемой задачи, что в лучшем случае требовало повторного решения и дополнительной траты снарядов, ракет, а в худшем — к проигрышу поединка, краху операции и уничтожению.

Для информационных систем требование высокой достоверности данных не имеет такого принципиального значения, поскольку при появлении ошибки всегда есть возможность ее исправить и повторить решение.

Высокая достоверность выдаваемой информации достигается применением различных методов контроля как для проверки работы аппаратуры, так и для проверки выдаваемых данных.

Ранее в спецВМ использовались кодовые методы контроля выполнения операций типа «чет-нечет», коды Хеминга, контроль по модулю, самокорректирующийся код, исправляющий одиночные ошибки и обнаруживающий двойные, система остаточных классов (СОК) и модулярная арифметика на её основе, а также различные программные и алгоритмические методы контроля. С появлением микросхем стремление к унификации привело к использованию мажоритарных схем с двумя дополнительными ВМ или микропроцессорами, на которых для контроля велся параллельный

счет и при совпадении двух результатов из трех считалось, что выдаваемые данные правильны.

Такая стратегия упрощает проектирование системы с ВМ, но приводит более чем к тройному увеличению аппаратуры и, соответственно, повышению требований к надежности ВМ, микропроцессора.

В ряде советских систем созданных в 60—80 годах применялся аппаратный контроль выполнения каждой операции и команды. Такой подход к обеспечению достоверности незначительно увеличивал аппаратуру ВМ (10—20%) и время выполнения операции. Затраты на проектирование несколько возросли, но стоимость эксплуатации снижалась благодаря более точному определению места неисправности.

Программный, алгоритмический и тестовый контроль повышали достоверность и приводили к необходимости увеличения производительности ВМ в 2—3 раза.

Проблемы создания управляющих специализированных машин разрабатывались в ИТМ и ВТ одновременно с построением машины БЭСМ.

В 1953 г. под руководством Лебедева С. А., аспирантом Хетагуровым Я. А. была подготовлена одна из первых диссертаций на звание кандидата технических наук по принципам построения специализированной цифровой счетно-решающей машины для проведения артиллерийских стрельб по подвижным целям, которая в 1954 г. была защищена на спецсовете МЭИ.

В 1955—59 гг. под руководством академика Лебедева С. А. были созданы первые специализированные управляющие машины на электронных лампах для системы ПРО. Это группа машин М-40, М-50, 5Э92, а также специализированные машины «Диана-1» и «Диана-2» для автоматического съема данных с обзорной радиолокационной станций построения траекторий движения целей и наведения самолета на цель (данные приведены в разделе ИТМ и ВТ).

Для народного хозяйства в СКБ-245 в 1953—1960 гг. также были разработаны специализированные ламповые машины на базе ЭВМ «Урал-1» под руководством Рамеева Б. И. Это машина «Кристалл» для Физико-химического института АН СССР им. Карпова, машина «Погода» для Гидрометеоцентра СССР и ряд машин «Гранит», М-17, М-27 и вычислительный комплекс М-111 для Министерства обороны. Краткие описания машин приведены в разделах СКБ-245 и НИИ «Аргон».

В 1956 г. по инициативе академика Иосифьяна А. Г. во ВНИИЭМ была создана ламповая специализированная машина М-3 для расчета серии электрических машин.

Можно выделить несколько поколений стационарных подвижных и бортовых спецВМ в СССР, связанных с совершенствованием полупроводниковых элементов.

С 60-х годов началась эра полупроводниковых специализированных управляющих вычислительных машин, основы построения которых развивались в Институте Точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМ и ВТ) под руководством академика С. А. Лебедева и в Институте электронных управляющих машин АН СССР под руководством главного конструктора Карцева М. А., в промышленной организации СКБ-245 под руководством Базилевского Б., в Ленинградском Научно-производственном объединении электроавтоматики (ЛНПОЭА), ОКБ «Электроавтоматика» С.-Петербурга. В НИИ «ДАР» (НИИ-37) под руководством главного конструктора Юдицкого Д.И. вычислительные машины на основе систем остаточных классов и модулярной арифметики. В НИИ «Агат» Министерства судостроительной промышленности под руководством главного конструктора Хетагурова Я. А. корабельных специализированных вычислительных машин. Создавали отдельные образцы машин учебные институты Министерства высшего образования — МЭИ, МАИ, МВТУ им. Баумана, МИФИ, Ленинградский политехнический институт, Ленинградский электротехнический институт.

Первые специализированные полупроводниковые машины были созданы в начале 60-х годов для работы в системе ПВО и ПРО.

В СКБ-245 (в 1964 г.) стационарная машина «Радон», главный конструктор Крутовских С. А.

В ЦНИИ-1 (в 1963 г.) подвижная машина 5Э89, главный конструктор Хетагуров Я. А.

В ИТМ и ВТ АН СССР (в 1964 г.) стационарная машина 5Э92б, главный конструктор академик Лебедев С. А.

В Институте электронных управляющих машин (в 1962 г.) стационарная машина М-4 и М-4М, главный конструктор Карцев М. С.

В НИИ «ДАР» (1963 г.) стационарная машина ТЗ40А, главный конструктор Юдицкий Д.И., научный руководитель Акушский И.Я.

В ЛНПОЭА (в 1964 г.) самолетные машины ЦВМ-263 и ЦВМ-264.

В НПО «Вега» (в 1961—1962 гг.) самолетная машина «Пламя ВТ».

Во ВНИИЭМ (в 1962 г.) стационарная машина ВНИИЭМ-1, руководитель работ Коган Б. М.

Эти машины характеризовались применением сплавных транзисторов и контактных диодов. Схемы, основанные на этих полупроводниковых элементах, давали возможность построить ВМ с производительностью по операции «сложение» 40—60 тыс. операций в секунду, объемами оперативной памяти 1000—2000 чисел и памяти команд 2000—16 000 слов. Эти машины составляли первое поколение полупроводниковых специализированных машин.

Второе поколение ВМ было связано с выпуском в 1964—1971 гг. диффузионных транзисторов и сплавных диодов, на которых в 1965—1970 годах были построены серии специализированных ВМ, имевших в одном устройстве производительность по операции «сложение» 150—500 тыс. операций в секунду, объемами оперативной памяти в одном модуле 4000 слов и памяти команд 32 тыс. слов.

Выделились по быстродействию машины работающие в остаточных классах с модулярной арифметикой. По оценке разработчиков имевшие скорости 1,2 млн. операций в секунду. Необходимо отметить, что быстродействие при решении задач у этой структуры сильно связано с характером алгоритмов.

В этот период определились основные организации, которые создавали бортовые управляющие вычислительные машины.

#### **Для самолетов и ракет:**

- НИИЦВТ (НИИ «Аргон», г. Москва) — вычислительные машины «Аргон 11» (С, А), «Аргон 12С»;
- ЛНПОЭА (ОКБ «Электроавтоматика», г. С.-Петербург) — вычислительная машина «Орбита 10», ЦВМ-263, и ЦВМ-264;
- «НПО Хартрон» (Электроприбор, г. Харьков) — вычислительная машина 15Л579;
- «НПО Автоматика» (г. Свердловск) — вычислительная машина для ракеты 4К75;
- «ОКБ Киевского радиозавода — вычислительная машина с двоично-пятеричным кодом для ракеты 8К67.

#### **Для военно-морского флота:**

- НПО «Агат» (г. Москва) — вычислительные машины «Море», «Корень», «Туча» и система модулей «Азов» для ВМ.

КНИИРЭ (Киевский Научно-исследовательский институт радиоэлектроники) — вычислительная машина «Карат».

**Наземные стационарные и подвижные вычислительные машины** для систем ПВО, ПРО и автоматизации процессов управления в министерстве обороны, а также технологических процессов в промышленности создавали следующие организации:

- ИТМ и ВТ АН СССР — вычислительные машины 5Э926, 5Э51, 5765;
- НПО «Агат» — вычислительная машина «Кадр», 5Э89;
- ВНИИЭМ — вычислительная машина ВНИИЭМ-3 (В-3М);
- НИИ «Аргон» — вычислительные машины Аргон-1, Аргон 10, 10М, «Ритм 20», «Бета 2», 3М, МСМ;
- НИИВК — вычислительные машины Клён, Клён 1. Клён 2, М4-2М, М4-3М, М-10, М-13;
- НИИ «ДАР» (НИИ-37) — вычислительные машины Т340А и К340А;

- Центр микроэлектроники — ЭВМ «Алмаз», 5Э53 (коллектив из НИИ «ДАР»).

Описание машин приводится в разделах их создателей.

Третье поколение специализированных ВМ было создано на основе использования микросхем малой, средней интеграции, гибридных схем и частично схем большой интеграции (СБИС) в период с 1972 по 1984—1986 гг. Тогда были разработаны стационарные, передвижные и бортовые ВМ со скоростями работы 500—1500 тыс. операций «сложение» в одном модуле. Эти системы удовлетворяли все более высоким требованиям к скорости работы ВМ и объемам памяти, а также к их надежности.

Этот период характеризовался бурным ростом числа организаций разрабатывающих спецВМ для своих систем.

В области бортовых вычислительных машин для самолетов и ракет:

- НИИ «Аргон» (г. Москва) — вычислительные машины «Аргон-15», «Аргон-16», «Аргон-17», Ц100, А30 и А-50;

- ЛНПОЭА (г. С.-Петербург) — вычислительные машины «Орбита 20», ЦВМ 80—30 ХХХ, ЦВМ 80—40 ХХХ (индексы «Х» определяют модификации машин);

- ВНИИП (Научно-исследовательский институт приборостроения, г. Москва) — «Заря 30» с модификациями, «Заря 40»;

- МНПК «Авионика» (г. Москва) — вычислительные машины СБМВ-1, СБМВ-2;

- ХК «Ленинец» (г. С.-Петербург) — вычислительные машины серии «Интергация» Ц-175, Ц-176;

- НПО «Хартрон» (г. Харьков) и Киевский радиозавод — вычислительная машина ЦВМ-7.

Для военно-морского флота были созданы вычислительные машины систем управления:

- в НПО «Агат» (г. Москва) — «Алмаз» (три модификации), «Альфа-1», «Альфа-3», «Диана», «Альфа 3Д», «Атолл», «Атолл АМ» на основе вычислительных модулей «Азов»; системы управления «Омнибус» (восемь модификаций) «Альт», «Арбат», «Акация», «Айлама», «Напев»; Арбат на основе вычислительных машин «Атака» (МВМ-012), «Арфа» и «Арка» — «189 прибор»;

- Алгоритмическая вычислительная машина «Апрель»;

- в НПО «Марс» (г. Ульяновск) — «Аллея 0»;

- в КНИИРЭ (г. Киев) — вычислительные машины Карат, «Карат-КМ».

В области наземных стационарных и подвижных вычислительных машин для ПВО, ПРО и Министерства обороны, а также технологических процессов в промышленности были созданы:

в ИТМ и ВТ АН СССР (г. Москва) — «Эльбрус 1», 40У6, «Эльбрус 2»;

в НИИ «Аргон» (г. Москва) — бортовые вычислительные машины «А-30», «А-40», «Бета-3М», «А-50»;

в ВНИИЭМ (г. Москва) — стационарные вычислительные машины «МСУВТ-В7», «В-9»;

в НИИВК (г. Москва) — стационарная вычислительная машина «М-13»;

в НИИЭВМ (г. Минск) — возимая вычислительная машина «РВ-2», «РВ-3».

Работы, проводимые в Центре микроэлектроники по созданию вычислительных машин и систем в 1970-х годах, были прекращены, как не соответствующие основным задачам Министерства электронной промышленности, но не продолжены в Министерстве радиопромышленности.

Четвертое поколение специализированных вычислительных машин характеризуется широким применением микропроцессов (МП) главным образом иностранного производства. Началом поколения можно принять 1984 г. Это поколение характеризуется применением также БИС-контроллеров для сопряжением МП с абонентами. Выпускаемые промышленностью МП разделились на две группы: МП для универсальных вычислительных систем и МП для обработки сигнальной информации.

В специализированных управляющих вычислительных системах применяются обе эти группы. Характерными для четвертого поколения спецЭВМ было широкое развитие вычислительных систем с большим числом микропроцессоров — мультипроцессорных ВМ и контроллеров. На организацию их совместной работы расходовалась значительная доля производительности ВМ, что приводило к дополнительному увеличению их числа в системе.

Микроминиатюризация микропроцессов и контроллеров и высокие характеристики быстродействия, а также большие возможности резервирования для повышения надежности обеспечивали применение мультипроцессорных систем в специализированных вычислительных системах.

Разработка военных вычислительных машин в 80—90 годы существенно сократилась и базировалась на применении микропроцессоров общего назначения в основном зарубежных фирм. Эти машины будут рассмотрены в следующем выпуске.

Для спецВМ трех поколений использование ЯВУ для программирования задач и управление процессом счета являлось дорогой платой за сокращение сроков создания системы. Поэтому ЯВУ (язык высокого

уровня) не получили широкого применения в системах со спецВМ первого, второго и третьего поколений.

ЯВУ активно использовалось в спецВМ четвертого поколения, построенных на микропроцессорах, в которых вопросы экономии памяти и быстродействия перестали быть определяющими при формировании габаритно-массовых показателей ВМ.

Развитие спецВМ в СССР шло по пути создания наиболее эффективных алгоритмических, схмотехнических и конструкторских решений, способствующих выполнению поставленных задач с минимизацией требований к материальным ресурсам. Это обеспечивало решение задач в области обороны на отсталой элементной базе. Высокий интеллект проектантов и технологов позволил создать спецВМ, успешно работающие в оборонных системах, имеющих характеристики на уровне или выше мировых.

Сравнивая пути развития военных вычислительных машин в СССР и в США можно отметить, что в американских военных компьютерах широко использовались схемы универсальных ВМ, в ВМ создаваемых в СССР применялись специализированные решения лучше приспособленные к конкретным задачам. Это в определенной мере компенсировало отставание СССР в создании элементной базы и в уровне ее микроминиатюризации. Можно отметить что, широко применение специализированных решений в построении военных компьютерных систем обеспечивало эффективное решение основных военных задач.

Приведенные данные получены Музеем от участников создания вычислительных машин и систем.

Активное участие в сборе и подготовке материалов приняли Пржиялковский В. В., Рогачев Ю. В., Липаев В. В., Штейнберг В. И., Малашевич Б. М. Приведенные данные в основном представляют уровень специализированных управляющих ЭВМ и их развитие. Вероятно существуют ЭВМ, не попавшие в этот список, и о которых надо рассказать. Ждем материалов для следующего выпуска, а также замечаний и уточнений по настоящему выпуску.

## **Глава 2. Стационарные и подвижные вычислительные машины**

### **2.1. Разработки Института точной механики и вычислительной техники АН СССР**

#### **ЭВМ «Диана-1», «Диана-2».**

Специализированные цифровые вычислительные машины «Диана-1», «Диана-2» созданы в 1955 году в ИТМ и ВТ.

Руководители работ: академик Лебедев С. А., Панов Д. Ю., Рыжов В. И., Бурцев В. С., Артамонов Г. Т.

Машины предназначены для автоматического съема данных с обзорной радиолокационной станции с селекцией объекта от шумов, одновременного сопровождения нескольких целей с построением траектории их движения и наведением самолета на цель.

Машины «Диана-1» и «Диана-2» последовательного действия с коммутируемой программной обработкой. Числа представлены 10 двоичными разрядами с фиксированной запятой. Система команд одноадресная, количество команд — 14, объём командной памяти — 256, ЗУ констант, оперативная память на магнитострикционных линиях задержки. В машинах производится преобразование интервалов времени и угловых положений в числовые величины. Логические элементы построены на миниатюрных радиолампах.

В машинах «Диана-1», «Диана-2» впервые в СССР осуществлен автоматический съём данных с обзорной радиолокационной станции с построением траекторий, сопровождением нескольких целей и наведением самолета на цель.

Основные разработчики: Ландер Е. П., Зимарев А. Н., Шура-Бура М. Р., Сычева М. П., Новиков А. А., Кривошеев Е. А., Тихонова М. В., Лаут А. Г., Чунаев В. С., Крылов А. С., Крылова Л. Д.

#### **ЭВМ М-40**

Специализированная цифровая вычислительная машина М-40 создана в 1956 году в ИТМ и ВТ.

Главный конструктор — академик Лебедев С. А., зам. главного конструктора — Бурцев В. С.

СЦВМ предназначалась для управления радиолокационными станциями дальнего сопровождения и точного наведения и осуществляла наведение противоракеты на баллистическую ракету противника. Первая большая специализированная СЦВМ на электронных лампах имела быстродействие до 40 тыс. операций в секунду, оперативную память на ферритовых сердечниках емкостью 4096 слов, с циклом работы 6 мкс. Машина работала с 36-разрядными двоичными числами с фиксированной запятой.

Система элементов ламповая и феррит-транзисторная. Феррит-транзисторные элементы использовались в низкочастотных устройствах сопряжения. Внешняя память — магнитный барабан емкостью 6 тыс. слов. Машина работала в комплексе с аппаратурой процессора обмена с абонентами системы и аппаратурой хранения времени. В ЭВМ был реализован плавающий цикл управления операциями и система прерывания. Впервые было использовано совмещение выполнения операций с обменом и мультиплексный канал обмена. ЭВМ работала в замкнутом контуре управления в качестве управляющего звена с удаленными объектами по радиорелейным дуплексным линиям связи.

В марте 1961 г. комплексом с ЦВМ М-40 впервые в мире была уничтожена боевая часть баллистической ракеты осколочным зарядом противоракеты. За эти работы коллектив ведущих разработчиков комплекса был удостоен Ленинской премии, в том числе академик Лебедев С. А. и Бурцев В. С.

### **ЭВМ М-50**

Специализированная цифровая вычислительная машина М-50 создана в 1959 году в ИТМ и ВТ.

Главный конструктор — академик Лебедев С. А., зам. главного конструктора — Бурцев В. С.

Предназначалась для работы в двухмашинном контрольно-регистрирующем комплексе, на котором обрабатывались данные натурных испытаний системы ПРО. ЦВМ М-50 являлась модификацией М-40 и в дальнейшем использовалась в качестве универсальной ЭВМ. Машина работала с числами с плавающей запятой.

На базе М-40 и М-50 был создан двухмашинный комплекс. Специализированная ЦВМ 5Э92 была модификацией М-50 — использовалась для специально разработанной контрольно-регистрирующей аппаратуры с возможностью дистанционной записи данных, поступающих с высокочастотных каналов связи.

### **ЭВМ 5Э92б**

Машина электронная вычислительная специализированная 5Э92б создана в 1964 г. в ИТМ и ВТ. В 1967 г. прошла испытания в составе комплекса. Машина изготовлялась на Загорском электромеханическом заводе. Выпущено более 100 машин.

Главный конструктор — академик Лебедев С. А., заместитель главного конструктора — Бурцев В. С.

Назначение машины аналогично М-40.

5Э92б являлась одной из первых полностью полупроводниковых ЭВМ. Она включала двухпроцессорный комплекс с общим полем оперативной памяти с полным аппаратурным контролем по модулю 3. В машине пред-

усматривалась возможность создания многомашинных систем с общим полем внешних запоминающих устройств, а так же возможность автоматического скользящего резервирования машин. Имеется развитая система прерываний с аппаратурным и программным приоритетом. Предусмотрена работа с удаленными объектами по дуплексным телефонным и телеграфным линиям.

В машине применялась крупноблочная конструкция.

### **ЭВМ 5Э51**

Машина электронная вычислительная специализированная 5Э51 создана в 1965 и на Загорском электромеханическом заводе в 1967 году начат серийный выпуск.

Главный конструктор — академик Лебедев С. А., заместитель главного конструктора — Бурцев В. С.

Число выпущенных машин: более 50.

ЭВМ 5Э51 являлась модификацией 5Э926 с представлением чисел с плавающей запятой, с механизмом базирования и с защитой оперативной памяти и каналов обмена с возможностью работы нескольких операторов в мультипрограммном режиме.

Основными разработчиками ламповых машин М-40, М-50, 5Э92 и полупроводниковых 5Э926, 5Э51 являлись: Аверин Ю. С., Александров В. С., Бабаян Б. А., Великовский М. Д., Горштейн В. Я., Гушин О. К., Грызлов А. А., Разроев В. П., Рыжов В. И., Руцкая З. А., Мараховский В. И., Улинский В., Тихонова М. А., Забусов Н.Н., Обидин Д. И., Синельников Ю. Н., Соколов В. М., Сахин Ю. Х., Степанов А. М., Лаут А. Г., Чуняев В. С., Хайлов И. К., Орлов Г. М., Фадеев М. Ф., Фильцев Э. Р., Пахомов В. Н., Пивненко В. М., Петров В. Ф., Никольская Ю. Н., Никитин Ю. В., Новиков А. А., Нестеров Е. М., Назаров Л. Н., Крылов А. С., Крылова Л. Д., Крупский А. Ф., Казанский С. Е., Карабутов С. Г., Кривошеев Е. А., Козулин П. И., Кольцова С. Л., Квашнин Н. И.

### **ЭВМ 5Э65**

Специализированная вычислительная машина 5Э65 создана в 1968 г. К 1970 г. было выпущено 3 машины. Главный конструктор — академик Лебедев С. А., заместитель главного конструктора — Хайлов И. К.

Машина использовалась в комплексах ПРО и ПСО.

Машина представляла собой перевозимый высокопроизводительный вычислительный комплекс на полупроводниковых элементах, обеспечивающий проведение исследований в реальном масштабе времени в полевых условиях с высокой степенью достоверности за счет использования памяти с неразрушающим считыванием, полного аппаратурного контроля и средств устранения последствий сбоев. Эффективности проведения вычи-

слительного процесса способствовали переменная длина слова (12, 24, 36 разрядов), в машине впервые использована безадресная система команд и магазинная организация арифметического устройства. В составе машины имелся дистанционный пульт управления. С применением комплекса были произведены исследования различных бортовых средств радиоизмерений и радионавигации в атмосфере и космосе, отработка РЛС и противоракет. Машина располагалась в автоприцепе и имела производительность 200 тыс. алгоритмических операций в секунду, наработку на отказ 100 ч. В машине применялась крупноблочная конструкция и двухслойные печатные платы.

### **ЭВМ 5Э67**

Специализированная вычислительная машина 5Э67 создана в 1975 г. Выпущена всего одна машина в связи с принятием ОСВ-1.

Главный конструктор — академик Лебедев С. А., заместитель главного конструктора — Хайлов И. К.

Машина использовалась в комплексах ПРО и ПСО.

ЭВМ 5Э67 являлась модификацией 5Э65 и обеспечивала работу в жестких климатических условиях. С участием комплекса были проведены уникальные радиоизмерения эпизодических явлений в верхних слоях атмосферы в реальном масштабе времени.

Машина располагалась в 4 автоприцепах и имела производительность 600 тыс. алгоритмических операций в секунду и наработку на отказ 1000 ч.

Основные разработчики 5Э65 и 5Э67: Кольцова С. Л., Лыжников В. И., Орлов Г. М., Пивненко В. М., Подшивалов Д. Б., Пшеничников Л. Е., Фоменко А. К., Шпаков О. К., Чайковский М. Г., Ялунин Е. В.

### **ЭВМ 5Э26**

Специализированная вычислительная машина 5Э26. Создана в 1978 г. К 1994 г. выпущено около 1,5 тысяч машин. Изготавливалась на Загорском электромеханическом заводе.

Главные конструкторы: академик Лебедев С. А., Бурцев В. С. Заместители главных конструкторов: Кривошеев Е. А., Лаут В. Н., Новиков А. А., Острецов Ю. Д., Одесский М. И., Подшивалов Д. Б., Марченко Г. С.

Предназначена для применения в системах управления оружием Министерства обороны.

5Э26 — одна из первых в СССР мобильная управляющая многопроцессорная высокопроизводительная вычислительная система, построенная по модульному принципу, с высокоэффективной системой автоматического резервирования, базирующейся на аппаратурном контроле по модулю 3, которая обеспечивает возможность восстановления процесса управле-

ния при сбоях и отказах аппаратуры. Работает в широком диапазоне климатических и механических воздействий.

Машина имеет производительность 1,5 млн. операций в секунду, длина слова — 32 разряда, предусмотрена работа с целым словом, полусловом, байтом и битом. Объем оперативной памяти 32—34 Кб, объём командной памяти 64—256 Кб (килобайт), независимый процессор ввода-вывода информации по 12 каналам связи, имеющий максимальный темп обмена свыше 1 Мбит в секунду (выпускается в двух модификациях.)

Особенностью мобильной многопроцессорной высокопроизводительной структуры с модульной памятью, является легкая адаптируемость к различным требованиям по производительности и памяти в системах управления. Машина работает в реальном масштабе времени и снабжена развитым математическим обеспечением, эффективной системой автоматизации программирования и возможностью работы с языком высокого уровня с использованием трансляторов, имеет энергонезависимую память команд на микробликах, а также возможность электрической переписи информации с применением внешней аппаратуры записи. Введена эффективная система эксплуатации с двухуровневой локализацией неисправной ячейки, обеспечивающая эффективность восстановления аппаратуры среднетехническим персоналом. В машине применяется стандартная серия ТТЛ-микросхем.

Конструкция: машина крупноблочная. В блоке устанавливаются ячейки.

Программное обеспечение: трансляторы с автокода, Фортрана.

Машина в зависимости от состава потребляет — 5—9 кВт, ее объём 2,5—4,5 м<sup>3</sup>.

За создание ЭВМ 5Э26 Кривошеев Е. А., Острцов Ю. Д., Рябцев Ю. С. удостоены Государственной премии.

Основные разработчики: Трегубов К. Я., Борисов П. В., Вайсбурд Б. А., Крылова Л. Д., Аксенова Ю. М., Румянцев Е. М., Петров В. Ф., Великовский М. Д., Мико П. С., Зверков В. П., Ненароков А. Ф., Рябцев Ю. С., Козлов Л. А., Кнорозов С. Н., Фадеев М. Ф., Степанов В. И., Обидин Д. И., Залесин В. П., Подгорнова С. Л., Софронов П. Д., Алексеев А. А., Кровопусков В. И., Алексеев В. Я., Шамис В. А., Мамонова Т. Л., Ольшанская Т. М., Зинин В. В., Мамай А. К.

## **ЭВМ 40У6**

Специализированная вычислительная машина 40У6. Создана в 1988 г. К 1990 году времени выпущено более 200 машин.

Главный конструктор — Кривошеев Е. А. Заместители главного конструктора — Козлов Л. А., Бережной Е. Ф., Рябцев Ю. С., Подшивалов Д. Б., Борисов П. В., Вайсбурд Б. А.

40У6 продолжила линию мобильных управляющих многопроцессорных вычислительных систем, начатую ЭВМ 5Э26. 40У6 построена по модульному принципу, с высокой жизнеспособностью за счет дублирования некоторых модулей и резервирования, базирующегося на разветвленной системе аппаратурного контроля, обеспечивающего возможность восстановления процесса управления при сбоях и отказах аппаратуры. 40У6 функционирует в режиме реального времени и рассчитана на работу в широком диапазоне климатических и механических воздействий. Предусмотрено развитое математическое обеспечение автоматизации программирования.

В машине используются 32-разрядные слова, с плавающей запятой. Оперативная память — 256 тысяч байт (дублируется), командная память — 512 тысяч байт (дублируется), 15-канальный процессор ввода-вывода информации (дублируется). Оперативная память имеет внутренний контроль по кодам Хемминга, байтовый контроль передач, интерливинг. В памяти команд предусмотрен внутренний контроль по кодам Хемминга, байтовый контроль передач; информация не пропадает от выключения питания, что обеспечивается переходом на аккумуляторное питание.

Машина построена с использованием маломощной серии ТТЛ-микросхем и КМОП-микросхемы памяти.

Конструкция: машина блочная. В блоках располагаются ячейки.

Программное обеспечение: трансляторы с автокода, Фортрана, СИ, Паскаль.

Машина потребляет 5,5 кВт и имеет объём 2,5—4,5 м<sup>3</sup>.

За создание ЭВМ 40У6 Кривошеев Е. А. удостоен Государственной премии.

Основные разработчики: Точилин Г. Г., Никитин М. Ф., Аксенова Ю. М., Терников А. И., Софронов П. Д., Хомчук П. П., Карпов Л. Е., Мико П. С., Зверков В. П., Ненароков А. Ф., Бойко В. И., Смирнова Н. Ф., Обидин Д. И., Савин Н. В., Тарков Н. П., Карпинский С. Н., Кнорозов С. Н., Рябцев Ю. С., Подгорнова С. Л., Бердичевский П. Г., Ходатаев А. К.

### **МВК «Эльбрус»**

Многопроцессорные вычислительные комплексы «Эльбрус». В 1979 г. создан «Эльбрус-1», в 1984 г. — «Эльбрус-2».

Главный конструктор — В. С. Бурцев. Первый зам. Главного конструктора — Рызов В. И. Зам. Главного конструктора: Артюхов В. Ф., Бабаян Б. А., Бардиж В. В., Катков В. А., Лаут В. Н., Никитин Ю. В., Новиков А. А., Наумов И. И., Рябцев Ю. С., Сахин Ю. Х., Тяпкин М. В., Чунаев В. С., Хайлов И. К., Фильцев Э. Р.

В создании комплекса кроме Института точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) АН СССР, участвовали ПО «Звезда»

(г. Загорск), Московский завод САМ им. В. Д. Калмыкова, Пензенский завод ВЭМ.

МВК «Эльбрус» предназначен для двойного применения, как для решения задач управления, так и для научных расчетов.

Он построен на модульном принципе, который обеспечивает:

- возможность создания различных по характеристикам ВК за счет изменения набора модулей;
- высокие показатели надежности за счет автоматического резервирования и исключения неисправимых модулей из состава ВК.

Аппаратурные средства «Эльбрус» реализуют эффективное программирование на языках высокого уровня.

МВК «Эльбрус» используют элементную базу:

для «Эльбрус-1» — ТТЛ схемы средней интеграции (15 нс);

для «Эльбрус-2» — ЭКЛ схемы (2 нс) сборки мультичипов и микросхемы ИС-100.

В конструкции МВК используются ячейки с многослойными печатными платами.

Для охлаждения «Эльбрус-1» применяется двухконтурная замкнутая воздушно-жидкостная система, для «Эльбрус-2» — жидкостная кондуктивная система охлаждения для центрального процессора и оперативной памяти, и двухконтурная замкнутая, воздушно-жидкостная для других устройств.

Программное обеспечение МВК — Автокод высокого уровня (ЭЛЬ-76), трансляторы со всех основных языков (Фортран, Алгол, и т. д.).

Комплекс может состоять из центральных процессоров (до 10) специализированных процессоров (СВС) — для реализации прикладных программ, написанных для ЭВМ БЭСМ-6, и БПФ — для быстрого преобразования Фурье; оперативной памяти (до 32 Кбайт), процессоров ввода-вывода (до 4); процессоров приема-передачи данных (до 16); центрального синхронизатора; внешних запоминающих устройств: устройства ввода-вывода, обеспечивающие использование до 1016 внешних устройств и до 2560 линий связи.

Типовые комплектации: однопроцессорная, двухпроцессорная, четырехпроцессорная и десятипроцессорная.

Производительность «Эльбрус-1» до 15 млн. оп/с, «Эльбрус-2» до 125 млн. оп/с, емкость памяти «Эльбрус-1» до 1 миллионов слов, «Эльбрус-2» до 16 миллионов слов.

За создание «Эльбрус-2» удостоены Ленинской премии — Бабаян Б. А., Новиков А. А., Рябцев Ю. С., Сахин Ю. Х., Семенихин С. В.;

Государственной премии — Бурцев В. С., Гришаков Г. И., Гушин О. К., Галецкий Ф. П., Горштейн В. Я., Ким Г. С., Лакшин Г. Л., Лаут В. Н., Мальшин А. В., Назаров Л. Н., Определенов И. Н., Пырченков В. Н., Рябов Г. Г., Хайлов И. К., Чунаев В. С.

## **2.2. Разработки СКБ-245 (по материалам Пржиялковского В. В. и Штейнберга В. И.)**

В 1953 г. после окончания работ по созданию ЭВМ «Стрела» в СКБ-245 Министерства приборостроения и средств автоматизации (МПСА) началось проектирование нескольких специализированных ЭВМ под общим руководством Рамеева Б. И., одновременно являвшегося главным конструктором малой универсальной ЭВМ «Урал-1» (М-53). Началась разработка специализированных ЭВМ «Погода», «Кристалл», «Гранит», М-46, М-56, М-17, М-27.

Универсальные ЭВМ «Стрела» и БЭСМ были сложны и дороги для большинства потенциальных пользователей. Они служили в основном для создания ракетно-ядерного щита страны.

Для существенного расширения использования ЭВМ в народном хозяйстве и обороне страны было принято решение о создании малой серийной универсальной ЭВМ «Урал» и ряда специализированных ЭВМ на его основе.

Работы по созданию данных машин выполнялись под общим руководством главного конструктора ЭВМ «Урал 1» Рамеева Б.И. Благодаря своей экономичности эти специализированные машины были эффективны для пользователей до тех пор пока не стали доступными малые универсальные машины типа «Минск», «Раздан», т. е. до 1960—1961 гг.

Заказчиком ЭВМ «Погода» стал Гидрометеоцентр СССР, ЭВМ «Кристалл» предназначалась Физико-химическому институту АН СССР им. Карпова, все остальные ЭВМ были заказаны Министерством обороны СССР («Гранит», М-46, М-56, М-17, М-27).

ЭВМ «Погода», М-46 и М-56 разрабатывались в СКБ-245. ЭВМ «Гранит», «Кристалл», М-17 и М-27 с 1955 г. разрабатывались и производились в Пензенском филиале СКБ-245.

После завершения работы по ЭВМ «Стрела» начались в 1955—1959 гг. работы по изготовлению комплекса М-111 для Министерства обороны, который предназначался для использования в составе экспериментального образца системы ПВО. В 1958—1959 гг. московским заводом «САМ» был изготовлен образец комплекса М-111, а в 1960—1961 г. он прошел испытания в составе экспериментального образца. Главный конструктор Базилевский Ю. Я., заместители главного конструктора Ларионов А. М., Литвинов А. М., Прокудаев Г. М., Красников С. П., Соловьев Н. Н., Кожарский Л. А., Гридчин А. Ф.

После проведения испытаний в 1961—1962 г. была проведена модернизация комплекса М-111. Новый проект получил шифр 5Э61. Один образец комплекса 5Э61 в 1962 г. был изготовлен на московском заводе «САМ». Главный конструктор комплекса Базилевский Ю. Я., а затем Ларионов А. М. Заместители главного конструктора Литвинов А. М., Прокудаев Г. М.,

Соловьев Н. Н., Красников С. П., Полунин А. Т., Кожарский Л. А., Гридчин А. Ф.

Приведем краткие описания этих машин.

### **ЭВМ М-56**

ЭВМ М-56 — специализированная ЭВМ для нужд Министерства обороны. Разработана в течение 1953—1955 гг. Крупная партия машин выпущена на Московском заводе САМ.

Главный конструктор — Антонов В. С. Основные разработчики: Кловков Е. Н., Гордюк М. Г., Иноземцева Л. И.

Состав ЭВМ: вычислительное устройство, пульт управления, устройство приема входной информации, печатающее устройство.

Вычислительное устройство обрабатывало шестнадцатиразрядные двоичные коды. Входная информация поступала со скоростью 100 кГц. Обработка ее велась в реальном масштабе времени. Вывод производился в десятичной системе на печатающее устройство со скоростью 100 чисел в минуту.

Элементная база и конструкция — от ЭВМ «Урал-1» (700 ламп, 4 стойки). Потребляемая мощность — 4,5 кВА, занимаемая площадь — 30 м<sup>2</sup>.

### **ЭВМ «Кристалл»**

ЭВМ «Кристалл» — специализированная ЭВМ для вычислительных работ в области рентгеноструктурного анализа и кристаллографии (вычисление электронной плотности, структурных амплитуд и других параметров).

Главный конструктор ЭВМ — Беликов Ю. Н.

Образец машины изготовлен на Московском заводе САМ, отлажен в Пензенском филиале СКБ-245. Поставлен в Физико-химический институт АН СССР им. Карпова в 1957 г.

В состав ЭВМ входили вычислительное устройство с пультом управления, клавишное и контрольно-считывающее устройства, входной и выходной перфораторы, печатающее устройство.

Разрядность чисел, вводимых в машину, — 3 десятичных разряда. Быстродействие — 100 двоичных операций в секунду (перемножение двух чисел, суммирование с предыдущим результатом и обращение к таблице).

Ввод данных производился в десятичной системе счисления с перфоленты (киноплёнка шириной 35 мм). Вывод результатов в десятичной системе производился на перфоленту и печатающее устройство.

Конструктивная база ЭВМ «Кристалл» взята от «Урал-1» (три стандартные стойки, 400 электронных ламп). Потребляемая мощность — 4 кВА. Занимаемая площадь — 30 м<sup>2</sup>.

Основной разработчик — Мошенский В. Т.

### **ЭВМ «Гранит»**

ЭВМ «Гранит» — специализированная ЭВМ для статистической обработки большого объема результатов наблюдений. Машина была заказана Главным артиллерийским управлением Министерства Обороны СССР для проведения расчетов по повышению эффективности артиллерийской стрельбы.

Главный конструктор ЭВМ «Гранит» — Пржиялковский В. В.

В состав «Гранита» входило: вычислительное устройство, накапливающее сумму парных произведений, комплект устройств для подготовки перфоленты (киноплёнка шириной 35 мм), выходной перфоратор и печатающее устройство.

Вычислительное устройство получало информацию со считывающего перфоленточного устройства и с накопителя на магнитной ленте, работающего с закольцованной магнитной лентой. Разрядность входной и выходной информации составляла 5 десятичных разрядов. Вычислительное устройство накапливало сумму парных произведений со скоростью ввода информации со считывающих устройств перфоленты и магнитной ленты, работавших синхронно. Она составляла 200 суммирований парных произведений в секунду.

Помимо операций сложения и умножения, обязательных для этой серии специализированных машин, в «Граните» имелись операции деления и извлечения квадратного корня. Для получения среднего значения и дисперсии одной серии результатов наблюдений требовалось 2—3 прогона перфолент.

Оборудование вычислительного устройства составляло 380 электронных ламп (3 стандартные стойки «Урал-1»). Потребляемая мощность — 4,5 кВА. Занимаемая площадь — 30 м<sup>2</sup>.

В 1957 г. машина была отправлена для работы на один из артиллерийских полигонов Министерства обороны, где использовалась для расчетов по пристрелке артиллерийских орудий.

Основные разработчики — Полячкин А. М., Телков С. Н.

### **ЭВМ «Погода»**

ЭВМ «Погода» — специализированная ЭВМ, предназначенная для расчетов, связанных с прогнозом погоды. Московский завод САМ выпустил несколько экземпляров ЭВМ «Погода».

Главный конструктор — Маслов Н. Г.

В ее состав входят: вычислительное устройство, пульт управления, клавишное устройство, контрольно-считывающее устройство, входной и выходной перфораторы, печатающее устройство.

Информация поступала в ЭВМ с перфолент, подготовленных с помощью клавишного и контрольно-считывающего устройств. Вычислитель-



Рис. 2.2-1. Внешний вид ЭВМ «Кристалл», «Гранит», «Погода».

ное устройство не имело оперативного ЗУ и обрабатывало информацию, поступающую непосредственно с перфолент. Обработка сводилась к накоплению сумм парных произведений. Разрядность вводимых и выводимых чисел — 10 или 5 (в десятичной системе счисления). Время вычисления произведения двух чисел и суммирования его с промежуточной суммой парных произведений — 0,01 с для 10-разрядных чисел и 0,005 с для 5-разрядных чисел.

Элементная база — электронные лампы (400 шт.).

Вычислительное устройство состояло из трех стандартных стоек «Урал-1».

Потребляемая ЭВМ мощность — 5 кВА. Занимаемая площадь — 25 м<sup>2</sup>.

Основные разработчики: Антонов В. П., Мухин В. И., Сакаев Э. И., Иноземцева Л. И., Клоков Е. И. Рис. 2.2-1.

### **ЭВМ М-46**

ЭВМ М-46 — специализированная ЭВМ для Министерства обороны. Разработана в 1953—1955 гг. Помимо опытного образца Московским заводом САМ изготовлена партия из нескольких машин.

Главный конструктор А. И. Лазарев.

В состав ЭВМ входили: вычислительное устройство, пульт управления, оперативное запоминающее устройство, контрольно-считывающее устройство, перфоратор ленты, печатающее устройство.

Информация поступала в вычислительное устройство с перфорированной киноленты шириной 35 мм. М-46 имела оперативное ЗУ на магнитном барабане. Емкость его составляла 4096 чисел. Вывод информации проводился на широкую печать с электрифицированной головкой от пишущей машинки.

Элементная база — электронные лампы (300 шт.). Вычислительное устройство состояло из двух стандартных стоек «Урал-1», потребляло 3 кВА, занимало площадь 20 кв. м.

Основные разработчики — Смелов С. Н., Шульгин А. А., Дудушкин А. П.

### **ЭВМ М-17 и М-27**

ЭВМ М-17 и М-27 создавались в 1955—1960 гг. в Пензенском филиале СКБ-245. Главный конструктор — Маковеев В. С. Эти машины предназначались для решения целого комплекса задач оборонного назначения. Они были значительно сложнее перечисленных выше машин и, скорее, были специализированными вычислительными комплексами.

## **Вычислительный комплекс М-111**

Вычислительный комплекс М-111. Предназначался для: преобразования и селекции информации, поступающей от многоканального источника, решения задач поведения и выдачи команд управления многим объектам. Он представлял центральный узел автоматизированной системы управления в составе:

МА — машины анализа, которая принимала информацию с заданными приоритетами, проводила селекцию, анализ и преобразование данных, формировала управляющие и контрольные сигналы и производила выдачу в другие части комплекса

МР — машины центрального распределительного устройства, которая обеспечивает хранение информации в буферном ЗУ и периодическую выдачу ее для селекции в МА. Две машины.

МВ — машина вычислительная, которая производит вторичную обработку информации, выработку данных для селекции и команд управления. В комплексе используется три машины.

ВУ — выходные устройства — Производящие формирование и выдачу команд контрольных и управляющих сигналов в другие части комплекса.

УК — устройства контроля, выполняющие сквозной функциональный контроль работы комплекса на основании решения контрольных задач (тестов) и производящие автоматическое переключение машины МР и МВ и отключение неисправных частей МА.

Впервые в отечественной практике был создан автоматизированный вычислительный комплекс с цифровыми машинами М-111, а затем 5Э61, который существенно повысил эффективность решения задач ПВО, обработку больших массивов информации, процессов управления одновременно несколькими объектами.

В комплексе 5Э61 были уточнены эксплуатационные характеристики, увеличено количество одновременно решаемых задач и расширен диапазон обрабатываемых параметров, увеличено число дополнительных источников информации.

### **ЭВМ «РАДОН»**

«Радон» — одна из первых специализированных машин СКБ-245 построенная на полупроводниковых элементах для использования в ПВО.

Электронная вычислительная машина «РАДОН» создана в 1964 г. и изготовлялась на Московском заводе счетно-аналитических машин (САМ). Изготовили 10 машин.

Главный конструктор — Крутовских С. А.; заместители и разработчики — Соловьев С. П., Савина А. И., Соловьев А. А., Антонов А. П., Барашко В. С., Клячко Э. И., Кушнеров Ф. Р., Левшин В. И., Маслов Н. Г., Михайлов И. Б.

ЭВМ «РАДОН» разработана в нескольких модификациях, различающихся емкостью ОЗУ, ПЗУ. Машина представляла собой двухмашинный комплекс с шинной организацией связей. Система команд — одноадресная, разрядность команд — 24 (из них 2 контрольных), разрядность операндов — 20 (включая 2 контрольных).

Числа использовались с фиксированной точкой. Число команд — 64.

Адресация — до 64 Кслов, из них 2048 — по смещению, а остальные — по префиксам, устанавливаемым по специальной команде. Индексных регистров — 2.

В систему команд входили также команды обращения к оперативной памяти и управления парной ЭВМ, включая останов, установку режимов, шаг, такт и автомат. Загрузку адреса команд процессора и пуск его в установленном режиме.

Каждый процессор имел прямой доступ как к своей памяти, так и к памяти парной ЭВМ. Это позволяло работать как в двухмашинном, так и в двухпроцессорном режимах. Обе ЭВМ были подключены к общей обменной магистрали для связи с устройствами управления системы.

Периферия ЭВМ использовалась в основном только для первичной загрузки, тестирования и вывода информации для анализа на печать.

На рис.2.2-2 Приведена блок-схема машины. Элементы машины, импульсно-потенциальные с гальваническими и трансформаторными связями, использовали транзисторы П16Б и П601.

ЭВМ состояла из 16 стоек, каждая из которых содержала свои блоки питания и управления ими, панель межсоединений, включающую 320 розеток типа «лист» (по 20 контактов каждая), которые сочленялись вилками, расположенными на торце ячеек, содержащих от 4 до 8 элементов.

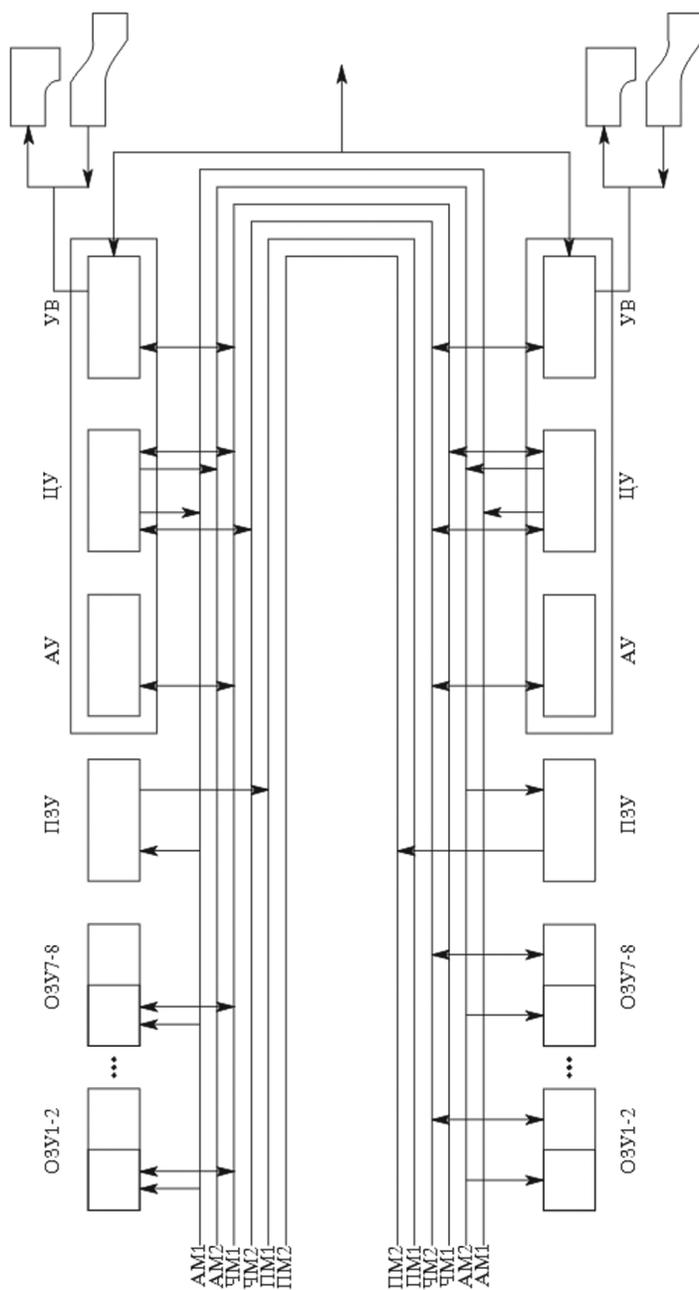


Рис. 2.2-2. Структурная схема ЭВМ "РАДОН"

Каждый из элементов имел несущую печатную плату, выполненную методом прессования пластмассы с канавками и отверстиями, которые гальваническим методом покрывались медью.

Программное обеспечение машины включало тестовую систему и диагностические программы, позволяющие осуществлять поиск неисправностей за счет выполнения программ в необходимом режиме в обеих ЭВМ и сравнения результатов выполнения программ, операций и их частей в каждой ЭВМ.

Быстродействие ЭВМ — 67 тыс. оп./с (цикл ОЗУ, ПЗУ — 14 мкс), реальная наработка на отказ — 250 ч, время восстановления — <0,5 ч. Площадь для размещения ЭВМ — <150 м<sup>2</sup>.

Особенности ЭВМ: в этой ЭВМ, кроме повышенной надежности и быстродействия, одной из первых в России были реализованы:

- ОЗУ и ПЗУ с использованием транзисторов;
- процессор содержал два индексных регистра;
- эффективная система встроенного аппаратурного контроля в сочетании с программными средствами автоматического восстановления работы системы после воздействия ошибки в ЭВМ и системе;
- совмещение времени выполнения операций (конвейерность);
- система прерываний и приоритетного переключения программ;
- двухпроцессорный и двухмашинный режимы работы.

На машину было получено авторское свидетельство.

### **ЭВМ «Клен», «Клен 1», «Клен 2»**

ЭВМ «Клен» первоначально разрабатывалась для замены ЭВМ «Радон» в системе ПВО на более быстродействующую. Первый образец ЭВМ «Клен» был использован для моделирования комплекса управления в НИИ-5.

К 1970 году были разработаны следующие модификации: «Клен 1» и «Клен 2». Эти ЭВМ применялись в системах МО для обработки специальной информации.

Главный конструктор ЭВМ «Клен» А. Ф. Кондрашев.

Главный конструктор ЭВМ «Клен 1» и «Клен 2» — В. С Антонов, Заместители главного конструктора Шульгин А. А., Ораевский К. С., Черкесов В. Г., Рудаченко А. П.

Основные характеристики ЭВМ «Клен»:

Быстродействие — до 200 тыс. одноадресных операций в секунду;

Разрядность чисел — 27 двоичных разрядов;

Разрядность команд — 33 двоичных разряда;

Число команд — 83.

Повышение быстродействия машин «Клен» получено в результате применения быстродействующей элементной базы, использования импульс-

ных трансформаторов, а также глубокого совмещения выполнения команд и многоблочной структуры построения ЗУ.

За разработку и внедрение ЭВМ «Клен 1» и «Клен 2» в системы Министерства обороны ряд сотрудников НИЭМ был награжден орденами и медалями СССР.

### **БВК «Бета-2»**

Бортовой вычислительный комплекс «Бета-2» создан в 1972 г. Изготавливался на производственном объединении «Звезда», Сергиев Посад. К 1975 г. изготовлено 12 машин.

Главные конструкторы: Ларионов А.М., Штейнберг В.И.

Машины использовались в мобильных системах управления войсками.

БВК «Бета-2» предназначен для сбора, обработки и представления информации в удобном для принятия решений виде и ее передачи потребителям для каналов связи. В состав комплекса входят система вычислительных средств, аппаратура телекодовой связи, радиосредства и передвижная электростанция.

Система вычислительных средств включает ЦВМ «Ритм-20», пульт управления, устройства внешней памяти и периферийное оборудование.

ЦВМ «Ритм-20» имеет структуру, близкую к ЦВМ общего назначения, и высокую производительность. Система команд специализирована применительно к классу решаемых задач.

Используются числа с фиксированной и плавающей точкой.

У числа с фиксированной точкой — 12 и 24 разряда; у числа с плавающей точкой — 48 разрядов.

Время выполнения операций, мкс:

сложение: с фиксированной точкой — 2,4; с плавающей точкой — 22,4 мкс.

Система команд — специализированная, «Ритм» и состоит из 62 команд.

ОЗУ: емкость — 32 тыс. 24-разрядных слов; цикл обращения — 4 мкс;

ДЗУ: емкость — 32 тыс. 24-разрядных слов; цикл обращения — 4 мкс; время выборки — 1,5 мкс.

Внешняя память:

накопитель на магнитном барабане НБ-10: емкость — 200 тыс. 24-разрядных слов; время обращения — 20 мсек;

накопитель на магнитной ленте ЛПМ-14: емкость — 3×512 тыс. 24-разрядных слов; время ожидания — 45 с.

Периферийные устройства:

алфавитно-цифровое печатающее устройство АЦПУ-64—5: скорость печати — 250 строк/мин; ширина строки — 64 знака; число знаков — 63;

фотосчитывающее устройство ФСМ-7: скорость считывания — от 4000 до 6400 знаков/с; перфоратор выходной ленточный ПЛ-150; скорость перфорирования — от 750 до 1200 знаков/с.

Машина построена с применением интегральных гибридных микросхем «Посол».

ЭВМ «Ритм-20» имеет мелкоблочную конструкцию с четырьмя иерархическими уровнями (ячейка, панель, поворотная рама, шкаф). Ячейка на двусторонней печатной плате размером 175×75×11 мм содержит до 30 посадочных мест для микросхем «Посол». Связи между ячейками и связи между конструкциями более высоких уровней выполнены проводным и жгутовы монтажом методом пайки. Габариты типового шкафа 1500×750×590 мм (большой) и 802×750×590 мм (малый).

В машине применяются унифицированные двусторонние печатные платы.

Программное обеспечение состоит из операционной системы, системы автоматизированного программирования с автокодом «Ритм», контрольно-диагностических программ, пакетов прикладных программ и вспомогательных программ для отладки ОС.

Вычислительное устройство имело вес около 1000 кг и потребляло около 1000 ватт.

Основные разработчики: Литвинов А. М., Полунин А. Т., Алексеев В. И., Лыгин И. Ф., Штейнгард Н. Б.

### **Вычислительная система МСМ**

Стационарная вычислительная система специального назначения МСМ создана в 1972 г. Изготавливалась на производственном объединении «Звезда», г. Сергиев Посад с 1973 г. до 1991 г.

Главный конструктор: к.т.н. Литвинов А. М.

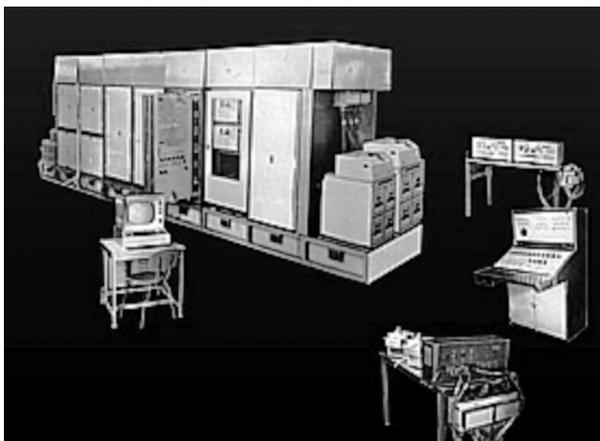
Вычислительная система МСМ применяется для управления программой работы спутников в стратегической системе наблюдения и предупреждения.

В вычислительной системе используются устройства ЦВМ «Ритм», разработанные для мобильного вычислительного комплекса «Бета-2».

Машина имеет структуру, близкую к ЦВМ общего назначения и выполнена на интегральных микросхемах «Посол».

Для обеспечения бесперебойной работы в течение длительного периода эксплуатации система состоит из трех скоммутированных по входам и выходам ЭВМ, одна из которых работает, другая находится в «горячем», а третья — в «холодном» резерве.

Связи на панели и рамах производятся жгутовым монтажом методом накрутки. Габариты типового шкафа 1500×750×590 мм (большой) и 802×750×590 мм (малый).



*Рис. 2.2-3. ЭВМ МСМ.*

Технико-эксплуатационные характеристики: система эксплуатируется в стандартных условиях вычислительного центра. Рис. 2.2-3.

Надежность работы. Проектная наработка на отказ ЦВМ — 1200 ч. Потребляемая системой мощность — 8 кВт. Занимаемая площадь — 45 м<sup>2</sup>.

МСМ отличается использованием эффективных средств контроля и восстановления работоспособности после сбоев и отказов. Имеет оригинальные средства комплексирования ЦВМ и средств подключения к другим ЭВМ и системам, в том числе к системе единого времени.

Имеются многочисленные авторские свидетельства.

Основные разработчики: Плюснин В. У., Цуканов Ю. П., Никитин А. И., Зак Л. С., Третьяков Ю. А., Лисицына А. А.

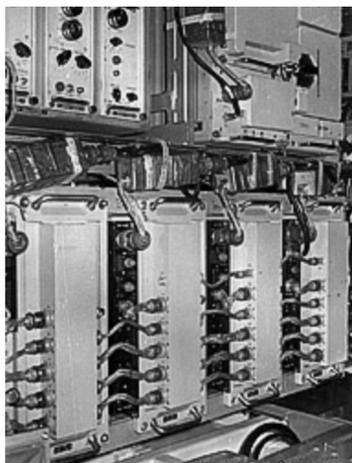
### **БВК «Бета-3М»**

Бортовой вычислительный комплекс «Бета-3М» создан в 1979 г. С 1980 г. по 1990 г. изготовлялся заводом «Звезда» (Сергиев Посад); Астраханским машиностроительным заводом «Прогресс». Изготовлено 50 машин. Рис. 2.2-4.

Главный конструктор — Штейнберг В. И.

ЭВМ использовалась в автоматизированных системах управления войсками.

БВК «Бета-3М» предназначен для сбора, обработки и представления информации в удобном для принятия решений виде и ее передачи потребителям по каналам связи. Установлен на многоцелевом легком гусеничном бронированном шасси МТЛБу, работает на ходу. В состав комплекса входят система вычислительных средств, аппаратура передачи данных для автоматизированного обмена телеграфными и телекодовыми сообщениями.



*Рис. 2.2-4. Мобильный вычислительный комплекс «Бета-3М».*



*Рис. 2.2-5. Размещение ЭВМ А-40 в комплексе «Бета-3М».*

ми, средства радио- и телефонной связи, средства жизнеобеспечения и агрегат электропитания. Рис. 2.2-5.

Вычислительная система включает бортовую ЦВМ А-40, использующую полный набор команд системы ЕС ЭВМ-1, пульт управления, устройство управления внешними устройствами, устройства внешней памяти и периферийное оборудование.

Внешняя память большой емкости на ферритовых сердечниках объемом 640 Кбайт (разработка Пензенского НИИММ, главный конструктор Смирнов Г.А.) и накопитель на магнитной ленте объемом 800 Кб ЗУМЛ-75 (разработка Минского НИИЭВМ, главный конструктор Жаврид А. М.).

Периферийные устройства в составе алфавитно-цифровое печатающее устройство АЦПУ-64—6 (разработка НИИсчетмаш, главный конструктор Мельников В. В., скорость печати — 5 строк/с; число печатаемых символов — 96) и фотосчитывающее устройство ФСМ-8.

Программное обеспечение включает операционную систему; комплект сервисных программ; контрольно-проверочные тесты.

Технико-эксплуатационные характеристики. Габаритно-массовые характеристики комплекса — 15 500 кг; габариты комплекса — 7866×2970×220 мм.

Надежность — наработка на отказ вычислительных средств — 300 ч.

Среднее время восстановления — 40 мин.

Комплекс «Бета-3М» программно совместим с бортовым вычислительным комплексом «Бета-2», и может использовать программы БВК «Бета-2».

Основные разработчики: Дементьев Н. И., Дроздов В. В., Алексеев В. И., Белов В. А., Брыксин В. И., Сальман А. С.

## **2.3. Разработки НПО «Агат»**

### **2.3.1. Специализированная вычислительная машина 5Э89**

Специализированная вычислительная машина 5Э89 («Курс-1») была создана в 1961 г. в Морском научно-исследовательском институте-1 (МНИИ-1).

Главный конструктор Я. А. Хетагуров, заместители главного конструктора А. С. Вайрадян, О. С. Потураев, А. А. Мошков, Ю. М. Ковальский, В. Н. Минаев.

С 1962 г. по 1970 г. она изготовлялась на Ульяновском машиностроительном заводе им. Володарского, а с 1970 г. по 1991 г. на заводе «Звезда» (г. Сергиев Посад).

СВМ 5Э89 была одной из первых в СССР подвижных СВМ, построенных на полупроводниковых элементах, и предназначалась для работы в автоматизированной системе управления радиолокационным узлом средней производительности. На СВМ 5Э89 выполнялась вторичная обработка информации по сопровождению 60 целей, поступающей в реальном масштабе времени от радиолокаторов и маловысотных постов. Была предусмотрена возможность совместной работы двух СВМ для повышения надежности. Оригинальность построения «Курска-1» зафиксирована авторскими свидетельствами. Машина располагалась в двух автоприцепах.

**Основные характеристики СВМ 5Э89.** Система представления чисел — двоичная с фиксированной запятой после разряда знака. По абсолютной

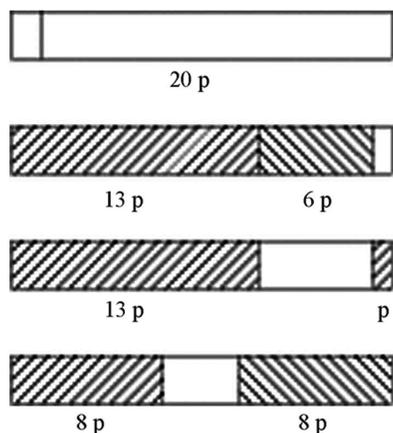


Рис. 2.3-1

величине числа меньше единицы. Количество разрядов в слове — 20. Цифровая часть числа занимает 19 разрядов, знак числа — 1 разряд, который находится в старшем разряде. Числа хранятся в запоминающем устройстве (ЗУ) в обратном коде. Для лучшего использования объема запоминающего устройства на ферритах (ЗУФ) и повышения быстродействия решения задачи предусмотрена запись двух малоразрядных чисел в одну ячейку памяти и возможность выполнения с ними ограниченного числа операций.

Имеются следующие комбинации хранения чисел в одной ячейке:

1. 13- и 6-разрядные числа;
2. 13- и одноразрядные числа;
3. два 8-разрядных числа.

Размещение чисел в ячейке приведены на рис. 2.3-1.

Система команд одноадресная. Количество разрядов для кодов команды — 20, из них для кода операции — 6, для кода адреса — 12, для управляющих признаков — 2 разряда. Число операций — 63.

Емкость оперативного запоминающего устройства на ферритах (ЗУФ) — 1984 двадцатиразрядных числа. Время выборки и записи одного числа из ЗУФ — 4 такта.

Емкость запоминающего устройства констант и программ (ЗУК) — 2048 двадцатиразрядных чисел. ЗУК служит для записи констант и программ, которые можно изменять вручную.

Емкость долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) — 2048 двадцатиразрядных чисел. ДЗУ также служит для записи констант и программ. Запись кодов производится посредством выполнения монтажных работ — прокладкой проводов через ферритовые кольца.

В процессе эксплуатации системы были проведены две модернизации, в результате которых за счет исключения ЗУК был увеличен объём памяти ДЗУ до 16 384 чисел.

Тактовая частота работы машины 250 кГц. Быстродействие машины 62,5 тыс. операций в секунду (типа «сложение»).

Арифметическое устройство (АУ) — параллельное одно.

Система элементов — импульсно-потенциальная на сплавных полупроводниковых триодах, контактных диодах и импульсных трансформаторах на ферритах.

Эксплуатационные характеристики СВМ 5Э89

Машина предназначена для работы при температуре окружающей среды от  $-5$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , влажности воздуха 93—97% при температуре  $20$ — $25^{\circ}\text{C}$ , давлении 460 мм рт. ст., ударных нагрузках до 8 г.

Электропитание производится от трехфазной сети напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц, общей мощности 28 кВт.

Время включения и подготовки аппаратуры к работе — не более 5 мин. Надежность работы по данным эксплуатации — 600—700 часов между неисправностями.

Время свертывания (развертывания) при установке на позиции — не более 8 ч (соответствует времени свертывания — развертывания радиолокационного узла).

**Состав СВМ 5Э89.** В состав специализированной вычислительной машины входили:

- арифметическое устройство (АУ);
  - устройство управления (УУ);
  - устройство обмена данными;
  - запоминающее оперативное устройство на ферритах (ЗУФ);
  - долговременное запоминающее устройство (ДЗУ);
  - пульт управления и контроля;
  - система первичного питания от трехфазного переменного тока 220/380 В, 50 Гц, в составе: кондиционера, охлаждающего воздух для вентиляции машины, мощностью 11,5 кВт, отопителей и вентиляторов — 8,4 кВт, и двух мотор-генераторных преобразователей переменного тока 50 Гц в переменный — 427 Гц, каждый мощностью 11,9 кВт;
  - устройство вторичного питания машины, мощностью 4,4 кВт.
- Блок-схема машины 5Э89 приведена на рис. 2.3. 2.

### **Краткое описание принципов построения устройств**

*Арифметическое устройство (АУ)* предназначено для выполнения арифметических и логических операций как с полноразрядными, так и с



малоразрядными числами, а также для проведения модификации адресов и обмена информацией с внешними источниками.

АУ состоит из сумматора накопительного типа (СМ) и двух регистров — P1 и P2.

Для повышения скорости выполнения операции умножения и для упрощения логических схем блоков в арифметическом устройстве использован метод умножения со старших разрядов. Этот метод исключает необходимость сдвига в сумматоре, что обеспечивает повышение скорости умножения в результате совмещения сдвига в регистрах и сложения в сумматоре.

Для обеспечения требуемой точности выполнения операции число разрядов в сумматоре и регистре P1 увеличено на 5. Регистр P2 имеет 20 разрядов.

Схема умножения и деления приведена на рис. 2.3-2. При выполнении операции множимое записывается в регистр P1, а множитель в регистр P2, произведение получается в сумматоре. Сдвиги производятся в регистре P1 вправо, а в регистре P2 влево.

Делимое записывается в сумматоре, делитель в регистре P1, а частное формируется в регистре P2. Сдвиги в регистрах соответствуют сдвигам при выполнении операции умножения.

Числа в сумматоре представляются модифицированным обратным кодом. Сумматор имеет два знаковых разряда. Общее число разрядов сумматора равно 26 (2 знаковых, 19 основных и 5 дополнительных разрядов). Регистр P1 имеет 25 разрядов (1 знаковый, 19 основных и 5 дополнительных). Регистр P2 имеет 20 разрядов (1 знаковый и 19 основных).

При отсутствии переполнения разрядной сетки оба знаковых разряда СМ имеют одинаковое значение «00» (+) и «11» (-). Комбинации «10» и «01» в знаковых разрядах указывают на переполнение разрядной сетки (10 — отрицательное переполнение, 01 — положительное).

Прием числа в АУ всегда производится на регистр P1.

*Устройство управления (УУ)* осуществляет автоматическое управление вычислительным процессом. Оно производит выборку команд и чисел из ЗУФ и ДЗУ, управление выполнением арифметических и логических операций, а также управление приемом и выдачей данных вычислительной машиной.

Для выработки сигналов управления операциями используются сдвиговые регистры, которые дают возможность совмещать этапы выполнения операций и снизить требования к частоте работы устройств, вырабатывающих импульсы управления. Кроме того, применение регистров упрощает наладку и профилактические работы, а также проведение модернизаций.

*Устройство обмена данными* обеспечивает связь с внешними средствами и обмен информацией с абонентами системы, в которой работает вычислительная машина.

Устройство обмена обслуживает 8 абонентов. Обмен производится предложениями, состоящими из 4 или 6 слов по 18 разрядов в каждом слове.

*Оперативное запоминающее устройство на ферритах (ЗУФ)* предназначено для записи и хранения исходной информации и промежуточных результатов. Оно имеет три режима работы: запись, считывание и считывание с гашением. Для уменьшения размеров куба ЗУФ ячейка хранения имеет 40 разрядов и в ней размещается два 20-разрядных числа. Объем хранимых чисел 1984.

*Долговременное запоминающее устройство (ДЗУ)*, емкостью 16 384 20-разрядных слова служит для хранения констант и команд. Оно имеет только один режим работы — считывание информации. Введение новой информации или ее изменение производится путем перепрошивки ферритовых колец. Это устройство состоит из 32 съемных блоков, в каждом блоке хранится 512 чисел. Такая конструкция обеспечивает высокую технологичность изготовления ДЗУ и возможность быстрого изменения программы.

*Пульт управления и контроля* предназначен для управления работой машины, проведения проверок, отладки программ и контроля за работой ЭВМ. Предусмотрена звуковая индикация ее работы по программе.

*Система первичного питания* необходима для подачи напряжения для работы кондиционера, отопителей, вентиляторов и для преобразования трехфазного переменного тока напряжением 220/380 В, частотой 50 Гц промышленного стандарта в двухфазный переменный ток напряжением 220 В, частотой 427 Гц. Преобразование производится на мотор-генераторных агрегатах. Для обеспечения надежности применяются два агрегата — один рабочий, другой резервный. Преобразование напряжения частотой 50 Гц в напряжение частотой 427 Гц требуются для уменьшения габаритов источников вторичного питания и для исключения влияния сетевых коммутационных помех на работу вычислительных устройств.

*Устройство вторичного питания* предназначено для преобразования двухфазного напряжения 220 В, частотой 427 Гц в стабилизированное постоянное напряжение для питания устройств вычислительной машины, защиты устройств от аварийных режимов и центрального управления включением и выключением вторичных источников питания. Это устройство выдает восемь номиналов напряжения  $-20$  В,  $-13$  В,  $-10$  В,  $-9$  В,  $-1,3$  В,  $-50$  В,  $+10$  В и  $+35$  В, которые вырабатываются стабилизированными источниками питания. Напряжение  $-10$  В,  $-9$  В,  $-1,3$  В,  $-50$  В,  $+10$  В и  $+35$  В поступают со стабилизированных линейных выпрямителей. Выходная мощность одного источника 25 Ватт. Напряжение  $-20$  В,  $-13$  В поступает с источников, построенных на магнитных усилителях. Выходная мощность одного источника 300 Ватт.

## **Система команд**

В СВМ 5Э89 используется одноадресная система команд. Команды делятся на адресные и безадресные. Команды, для выполнения которых не требуется выбирать числа из ЗУ или записывать в ЗУ, называются безадресными.

В безадресной команде адресная часть используется для кодирования количества и направления сдвигов в операциях СДЛ (сдвиг влево) и СДП (сдвиг вправо), номер команды, к которой надо перейти при операциях условного и безусловного переходов (УП1, УП2, БП1 и БП2).

СВМ имеет 63 операции, из них 28 арифметических, 13 пересылочных, 5 операций, работающих с регистром переадресации (РП), 7 операций передачи управления и 3 специальные операции.

Для лучшего использования объемов памяти ЗУФ и ДЗУ и повышения быстродействия в СВМ впервые реализованы операции с малоразрядными числами. Эта специализация для решаемых задач повысила быстродействие СВМ на 40—45% по сравнению с использованием программных способов упаковки малоразрядных чисел для сокращения объемов ЗУ и привела к экономии объема ЗУФ на 30—35%.

С малоразрядными числами выполняются следующие группы операций: запись числа из СМ в ЗУ, передача числа в СМ, сложение, вычитание, умножение, определение модуля разности. Этим операциям в группе присваивается специальный номер в зависимости от размещения малоразрядных чисел в ячейках ЗУ.

Операции с малоразрядными числами в соответствии с нумерацией имеют следующий порядок выполнения. Операции с номером 1 выполняются с числами, взятыми из тринадцати старших разрядов ячейки ЗУ (разряды 20—8) и переданными в старшие разряды регистра Р1 арифметического устройства (разряды 20—8).

Операции с номером 2 выполняются с числами, взятыми из шести разрядов (разряды 7—2 ячейки ЗУ) и переданными в старшие разряды регистра Р1 АУ (разряды 13—18).

Операции с номером 3 выполняются с числом, взятым из первого разряда ячейки ЗУ и переданным в 20-й разряд регистра Р1 АУ.

Операции с номером 4 выполняются с числами, взятыми из восьми разрядов (разряды 8—1) ячейки ЗУ и переданными в старшие разряды Р1 АУ (разряды 19—12).

Операции с номером 5 выполняются с числами, взятыми из восьми старших разрядов ячейки ЗУ (разряды 20—13) и переданными в старшие разряды Р1 АУ (разряды 20—13).

Рассмотрим выполнение операций, которые характерны для рассматриваемой СВМ. Это групповые операции передачи управления и специальные операции. Остальные операции выполняются по известным алгоритмам, и их описание не представляет интереса.

*Операции передачи управления.* Эти операции служат для изменения направления вычислений. В СВМ предусмотрено два вида операций передачи управления. Для операций условного перехода имеются два алгоритма выполнения, а для операции безусловного перехода — пять. Введение нескольких алгоритмов операций связано со стремлением уменьшить число команд, необходимых для решения задач системы.

Условный переход 1 (УП1) может быть адресным и безадресным. Если операция безадресная, то в адресной части записывается номер команды К, которой при  $w = 0$  передается управление (на счетчик команд, СчК, заносится номер команды), при  $w = 1$  управление передается очередной команде СчК.

Если в адресной части команды содержится признак ЗУФ и «ноль» в 14 разряде, команда становится адресной и номер команды, которой необходимо передать управление при  $w = 0$ , выбирается на СчК из 14 младших разрядов ячейки ЗУФ по адресу, указанному в команде УП1. При  $w = 1$  управление передается очередной команде.

От УП1 условный переход 2 (УП2) отличается тем, что он производится при  $w = 1$ , а при  $w = 0$  управление передается очередной команде.

Безусловный переход 1 (БП1) может быть адресным и безадресным. Если операция безадресная, то в адресной части записывается номер команды, которой передается управление (на СчК заносится этот номер команды). Если операция адресная, то имеется признак ЗУФ и «ноль» в 14-м разряде, а номер команды, которой необходимо передать управление, выбирается на СчК из 14 младших разрядов ячейки ЗУФ, по адресу, указанному в команде БП1. Операция БП1 записывается на одну команду раньше, чем она должна быть выполнена согласно программе. После операции БП1 нельзя записывать операции БП1, БП2, БП3, БП4, БП5, УП1, УП2 и ИЗРП.

Безусловный переход 2 (БП2), БП4, БП5 может быть адресным и безадресным. Выполнение безадресной операции БП2 аналогично безадресной операции БП1. Если операция адресная, выполняются те же действия, что и в БП1, но адрес команды увеличивается на два по отношению к адресу, указанному в операции БП2. Операции БП4 и БП5 кроме безусловного переключения производят переключение обращения с ДЗУ111 на ДЗУV111 (операция БП4) и наоборот: ДЗУV111 на ДЗУ111 (операция БП5). Появление этих операций обеспечивает полное использование адресной разрядной сетки.

Безусловный переход 3 (БП3) — операция только адресная и выполняется, как адресная операция БП2.

*Специальные операции.* К ним относятся три операции: начало программы связи (НПС), конец программы связи (КПС) и останов.

Операция НПС включается через устройство внешних связей, передающее сигнал готовности работы одного из восьми каналов. По этому сиг-

налу срабатывает дешифратор внешних связей ЗУФ, который определяет адрес программы внешних связей. Далее после выполнения очередной операции в определенные ячейки ЗУФ производится запись данных, содержащихся в СМ, РП, счетчике команд и признака  $w$ . Это необходимо при возврате к прерванной обменом программой вычислений. Для записи данных о состоянии программы используются три ячейки памяти. После выполнения этих действий включается программа внешних связей конкретного абонента.

Окончание обмена производится включением операции КПС, по которой все данные из ЗУФ возвращаются на свои места, и далее продолжается работа по программе. Последовательность обращений абонентов регламентирована, что исключает конфликтные ситуации.

Операция «останов» останавливает работу машины с сохранением информации в основных устройствах.

Рассмотрим последовательность выполнения типовой операции на примере операции «сложение». Например, необходимо сложить число, находящееся в СМ, с числом в ячейке «а» запоминающего устройства. Цикл разбит на два этапа: подготовка операции и выполнение операции. Это сделано с целью увеличения быстродействия машины за счет совмещения цикла подготовки одной команды с циклом выполнения другой. Во время выполнения команды  $N$  считывается число для команды  $N+1$  и команда  $N+2$ .

### **Основные элементы СВМ**

Элементы СВМ разработаны на транзисторах П-16Б и импульсных диодах Д9Д. Системы элементов построены по импульсно-потенциальному принципу работы. Основной запоминающей и счетной ячейкой служит потенциальный триггер с подачей импульса запуска в базу и логические схемы: диодный импульсно-потенциальный вентиль, эмиттерные вентили для цепочек переноса и три типа усилителей, а также усилитель для индикаций.

Состав системы элементов был определен в результате анализа различных логических схем построения функциональных устройств СВМ и характеристик транзисторов и диодов.

Основное влияние на выбор и построение схем элементов оказали предельная частота коэффициента передачи и коэффициент усиления транзистора. При выборе системы элементов важно было обеспечить согласование входных-выходных сопротивлений и высокую надежность, поэтому были применены оригинальные: диодный импульсно-потенциальный вентиль, надежность работы которого в несколько раз выше, чем у транзисторных вентилях, и триггер с управляемым счетным входом. Для большей надежности в элементах с транзисторами широко использовались насыщенные режимы их работы. Эти режимы дают элементам хорошую нагру-

зочную характеристику, стабилизируют амплитуду, обеспечивают работу в требуемом диапазоне температур и, кроме того, упрощают наладку и эксплуатацию.

Для того чтобы при насыщенных режимах не увеличивалась длительность импульсных сигналов и не снижались частоты работы элементов, в схемах широко использовались импульсные трансформаторы и дроссели на ферритах.

Рациональные режимы работы элементов обеспечивали шесть основных и два вспомогательных номинала питания постоянного напряжения устройства вторичного питания.

Выбранный состав элементов для принятых схем устройств позволил обойтись минимальной номенклатурой электронных типовых блоков.

Для обеспечения высокой надежности все элементы схем перед их монтажом на платах проверялись на соответствие параметров техническим условиям. Наибольшее внимание обращалось на контроль параметров транзисторов и диодов. Некоторые параметры транзисторов на начальных этапах производства не контролировались изготовителем, и для их проверки были разработаны специальные стенды.

Высокая надежность блоков в процессе производства обеспечивалась технологией их изготовления и применением стендов, контролирующих их работоспособности в специально выбранных условиях.

Рассмотрим некоторые особенности построения схем элементов.

Рис. 2.3-3. *Триггер* построен по классической схеме, в которую введен ряд элементов для повышения скорости работы. Используется отсечка для срезания заднего фронта перепада, имеющего наибольшую длительность. Применен коммутирующий трансформаторный вход для счетного режима работы, который увеличивает скорость переключения (защищено авторским свидетельством). Для исключения влияния на скорость работы триггера нагрузка подключается через эмиттерный повторитель. В схеме триггера предусмотрены автоматическое смещение для обеспечения устойчивой работы в температурном диапазоне. В триггере предусмотрены входы для установки его в положение 0 и 1.

Триггер работает до частоты 300 кГц. Длительность импульсов управления 1,5—2 мкс, амплитуда их 1—1,8 В.

Триггер через эмиттерный повторитель может управлять пятью-шестью вентилями, при условии их разновременной работы.

*Вентили — схемы совпадения.* Для работы с триггером были разработаны потенциально-импульсные вентили двух типов, которые подключаются к эмиттерным выходам триггера.

Первый тип — потенциально-импульсный диодный вентиль.

Второй тип — потенциально-импульсный транзисторный вентиль на эмиттерных повторителях. Он используется для цепочек сквозного и по-

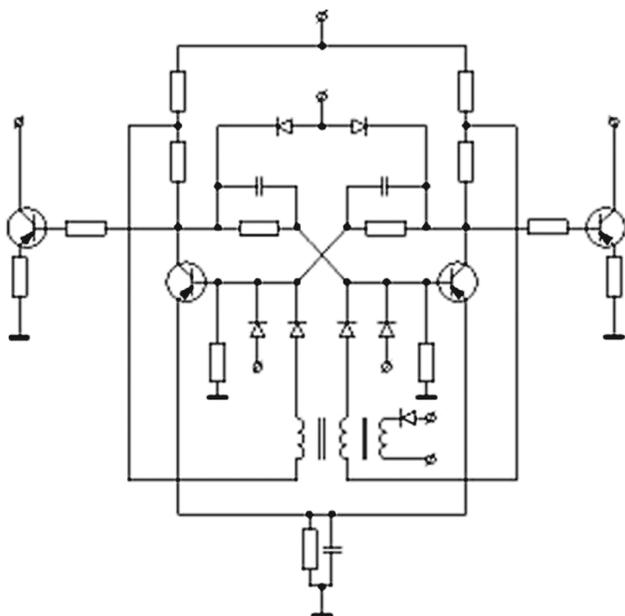


Рис.2.3-3. Триггер.

разрядного переноса. Подобная схема вентиля обеспечивает малое время задержки при передаче импульсов в цепи переноса.

Рис. 2.3-4. Потенциально-импульсный диодный вентиль (защищен авторским свидетельством) отличается от известных применением компенсирующей обмотки. Эта обмотка устраняет известный недостаток диодно-трансформаторных вентилях, который состоит в появлении на выходе вентиля помехи, ее значение зависит от величины выходного сопротивления источника сигнала и амплитуды входного импульсного сигнала напряжения, большего, чем перепад управляющего напряжения.

Вентиль пропускает импульс на Вых, подаваемый на В×2, если напряжение на В×1 составляет 9 В. Если на В×1 напряжение равно 0, то при подаче импульса на В×2 на Вых сигнал не пройдет. Однако, если импульс, поданный на В×2, будет равен или больше 9 В, то на выходе появляется импульс помехи. Для его устранения через диод Д2 на обмотку трансформатора Тр2 подается сигнал с В×2 в противофазе и компенсирует помеху. Выход диодного вентиля подается на вход усилителя.

Рис. 2.3-5. Потенциально-импульсный транзисторный вентиль для цепочки переноса и цепочки сквозного переноса имеет два выхода. Эти схемы отличаются значением выдаваемых сигналов. Они построены на транзисторах, включенных параллельно по схеме эмиттерных повторителей. Транзисторный вентиль работает на закрытие двух транзисторов. Для ста-

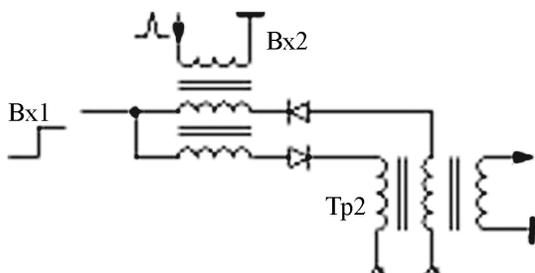


Рис. 2.3-4

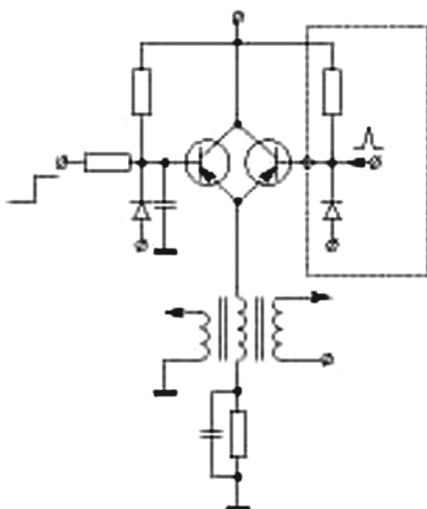


Рис. 2.3-5

билизации потенциала эмиттера и исключения помех он фиксируется в базе диодами Д1 и Д2.

Вентиль для цепочки сквозного переноса отличается от вентиля переноса только изменением в цепи подачи импульсного сигнала. Вследствие подачи двух сигналов на входе вентиля установлен эмиттерный повторитель. Транзисторные вентили обладают формирующими свойствами, препятствуя расширению сигнала, проходящего по цепочке переноса.

Частота работы вентилях 250 кГц. Задержка сигнала при прохождении вентиля порядка 0,1 мкс.

*Усилители.* В составе системы элементов используются три типа усилителей. Все они работают в режиме насыщения и имеют стабилизирующую эмиттерную цепочку. На его вход поступает сигнал с диодного вентиля, а выходной сигнал выдается на управляющие входы триггера. Усилитель од-

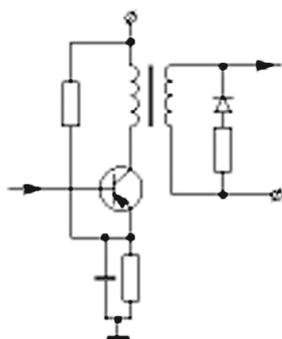


Рис. 2.3-6

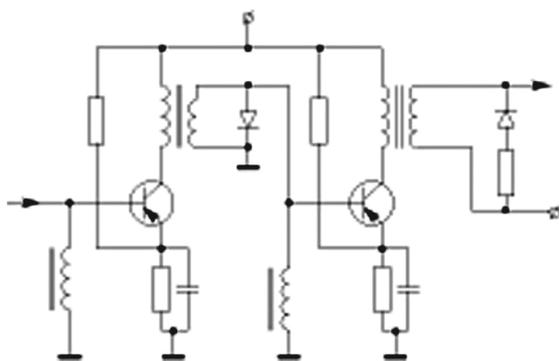


Рис. 2.3-7

нокаскадный. Частота работы до 300 кГц, задержка при прохождении сигнала 0,3 мкс. Рис. 2.3-6.

Схема двухкаскадного усилителя, рис 2.3-7 работающего на счетный вход триггера. Второй каскад потребовался ввиду более низкого входного сопротивления счетного входа триггера по сравнению с управляющим входом. Формирующие свойства усилителя обеспечиваются применением дросселей. Дроссели ускоряют рассасывание неосновных носителей, что повышает частоту работы усилителя до 300 кГц. Задержка при прохождении сигнала 0,5 мкс. Фотография усилителя. Рис. 2.3-8.

Усилитель-формирователь с эмиттерным выходом применяется для восстановления формы импульсов и усиления их по мощности. Формирователь может работать на 20—30 усилителей и на 7—8 диодных вентилей. Частота работы усилителя-формирователя 250 кГц. Задержка сигнала порядка 0,5 мкс. Рис 2.3-9.

Усилитель индикации предназначен для индикации состояния триггера. Основной задачей этой схемы было согласование условий работы не-

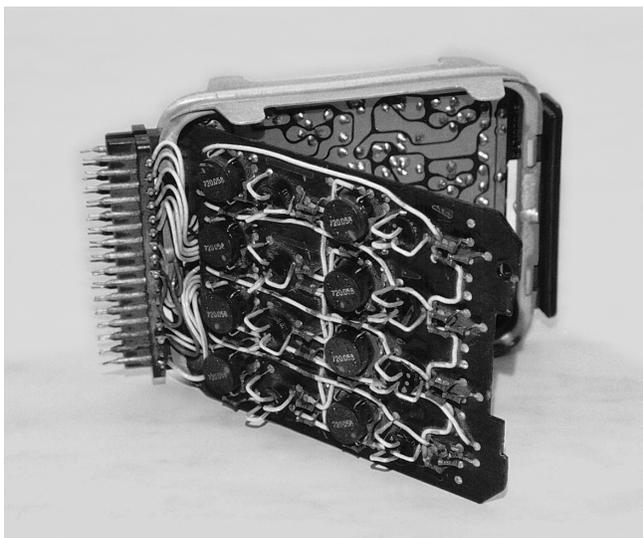


Рис.2.3-8

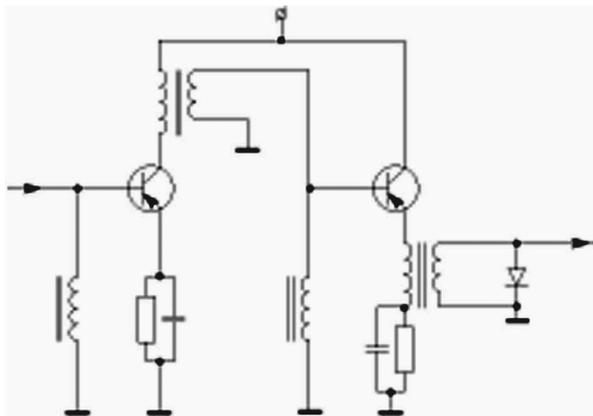


Рис. 2.3-9

оновой лампочки по напряжению зажигания с выходным напряжением работы триггера — 20 В. Рис. 2.3-10.

### Конструкция СВМ 5Э89

Аппаратура СВМ размещается в двух автоприцепах. Рис 2.3-11 В одном помещается СВМ и вспомогательные устройства, а в другом — мотор-генераторные преобразователи, кондиционер, ЗИП и различные инструменты. На рис. 2.3-12 приведен план расположения аппаратуры в первом прицепе:

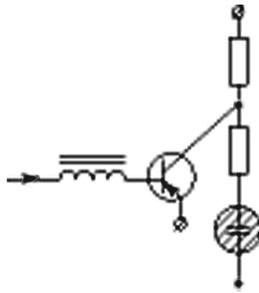


Рис. 2.3-10

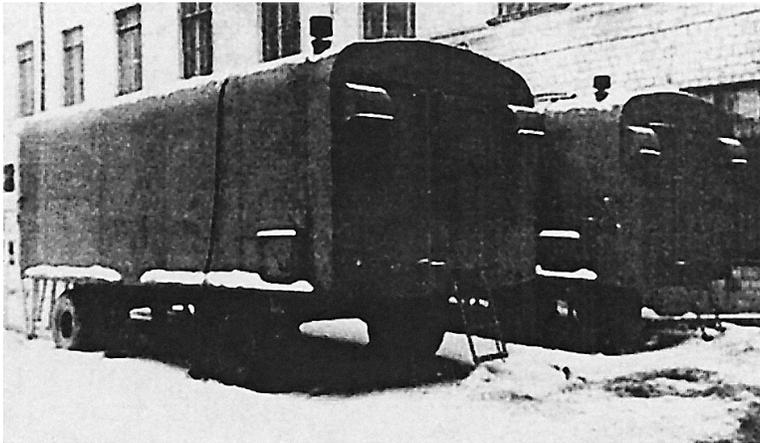


Рис. 2.3-11

1 — прибор 2 с устройствами питания 2/1 и 2/2; 2 — прибор 1 с устройством питания 1/1; 5 — прибор 108 (распределитель питания по приборам); 6 — трансформатор для рабочего освещения прицепа; 7 — полка для противогазов; 8 — часы; 9 — термометр; 10 — откидной стол; 11 — откидной стул; 12 — электрическая распределительная коробка; 13 — электрическая грелка; 15, 17 — воздухопровод приточной вентиляции; 16 — крышка устройства питания 1/1; 18 — прибор с балластными сопротивлениями; 19 — воздухопровод для охлаждения устройства питания 1/1 и прибора 18; 20 — короб подвода воздуха; 21 — левый воздухопровод для устройства питания 1/1 и прибора 18; 22 — рама, закрытая кожухом, на котором установлены два электродвигателя с центробежными вентиляторами; 23 — стол для обслуживания; 24 — правый воздухопровод для устройств питания 2/1 и 2/2; 25 — воздухопровод для охлаждения устройств питания 2/1 и 2/2; 26 — ящик с ЗИПом; 27 — крышка устройств питания 2/1 и 2/2; 28 — разделительная коробка; 29 — аппарат телефонной и громкоговорящей связи; 30 — соединительная кабельная коробка; 31 — абонентный блок;

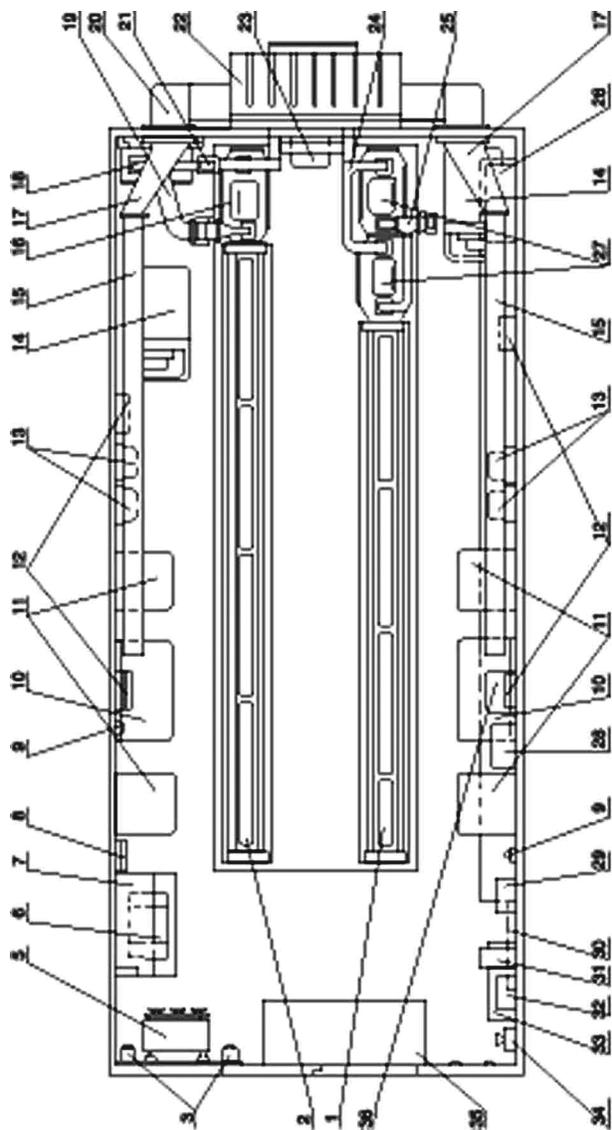


Рис. 2.3-12

32 — полевой телефонный аппарат; 33 — аппаратура громкоговорящей связи; 34 — ревун; 35 — шторы над входной дверью.

На рис. 2.3-13 представлен план расположения аппаратуры во втором автоприцепе. Он разделен на два отсека: основной (1) и агрегатный (2):

1 — соединительная коробка, через которую устанавливается связь между первым и вторым прицепами; 2 — две электрические грелки; 4 — шкаф для расходных материалов; 5 — ящик с ЗИПом для агрегатов АЛА; 8 — ящик с осциллографом; 10 — ящик с ЗИПом шасси прицепов; 22 — откидной стол; 24 — термометр; 25 — откидной стул; 26—28 — шкафы с ЗИПом СВМ; 29 — полевой телефонный аппарат для межприцепной связи; 30 — аптечка; 32 — штыри заземления; 31 — стеллажи для оружия и противогазов; 33 — крепление штырей; 34 — ящик для укладки жгутов штырей заземления; 35 — штора над входной дверью; 36 — чехлы с кабелями межприцепных связей в походном состоянии; 37 — запасной баллон с фреоном; 38 — кондиционер.

11 — два трансформатора для освещения прицепа и питания кондиционера; 12 — ящик ЗИПа; 14 — прибор 108, служащий для переключения агрегатов питания; 15 — пускатель для запуска основного и резервного агрегатов питания; 16 — ящик с шанцевым инструментом, закрытый кожухом; 17 — вентилятор обдува агрегатов; 18 — преобразователь типа АЛА (электромашинный генератор); 19 — понижающий трансформатор; 20 — распределительная коробка.

### **Приборы 1 и 2**

Приборы 1 и 2 представляют собственно СВМ. Приборы установлены на металлический лист и сверху покрыты металлической крышкой, по которой проложены кабельные связи между приборами.

Приборы представляют сварные конструкции из проката, разделенные на две секции с отсеками для установки монтажных плат. В каждом отсеке расположены одна над другой две монтажные платы. Отсеки с двух сторон закрываются плоскими быстросъемными крышками. На монтажную плату помещены блоки с электронными элементами, для этого предусмотрено 60 гнезд — 6 горизонтальных рядов по 10 гнезд в каждом ряду. В гнездах установлены колодки 32-контактных разъемов. Направляющие стойки на монтажной плате обеспечивают легкую стыковку блоков с колодками. Блоки вставляются с лицевой стороны платы. С монтажной стороны на плате есть монтажные колодки и гребенки с отверстиями для формирования монтажных жгутов. Для связи монтажных плат в приборах и между ними используются разъемы, расположенные по краям платы.

В нижней части платы находится колодка с гнездами для восьми предохранителей и вилка разъема питания для подачи напряжения на плату.

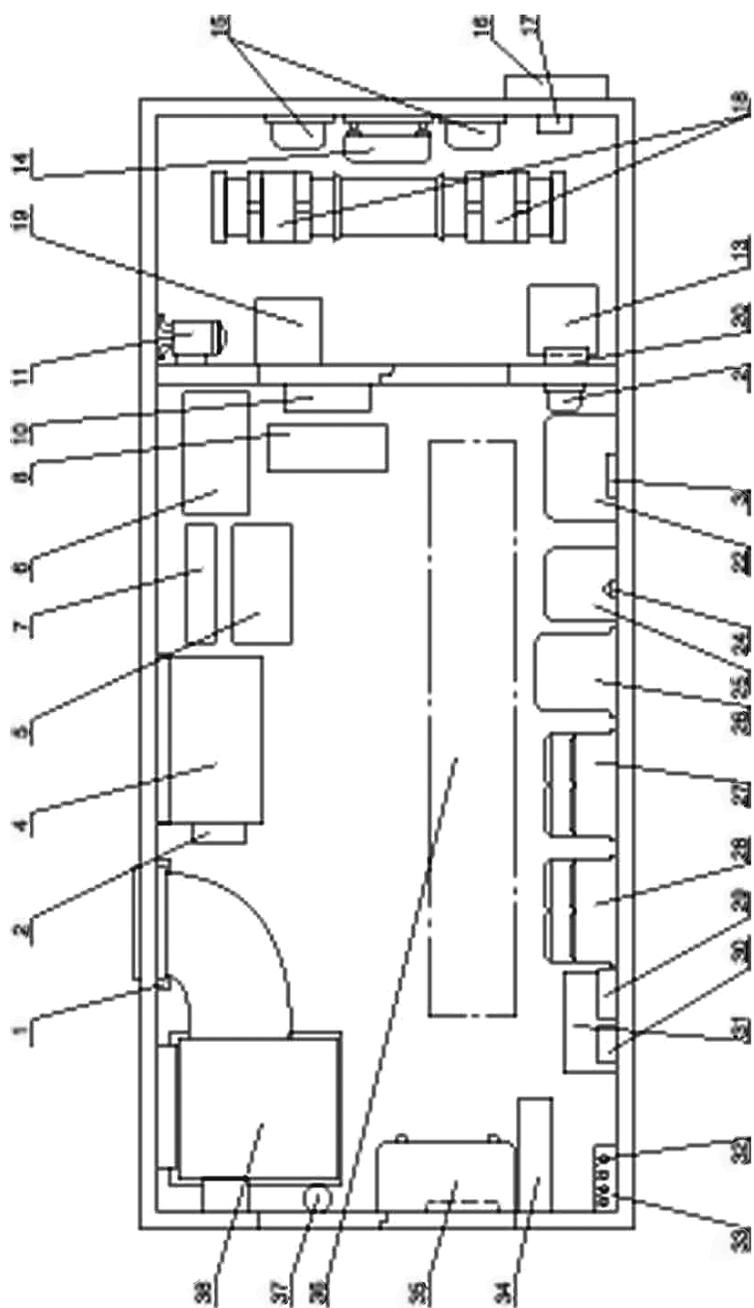


Рис. 2.3-13



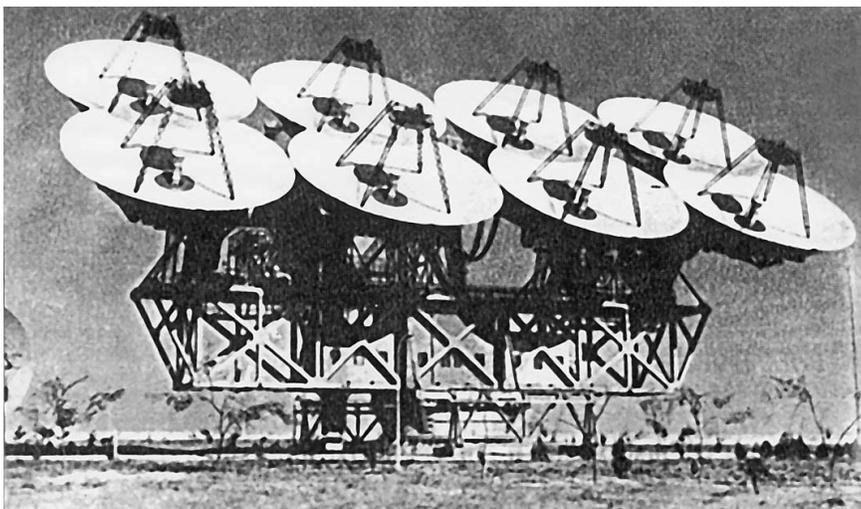
*Рис. 2.3-14*

Подача питания к платам от шкафа питания производится по медным шинам, проходящим сквозь все отсеки. Шины питания собираются в пакет. Каждая шина имеет лепестки, к которым подпаиваются проводники жгута питания штепсельного разъема.

#### **Типовой блок**

Рис. 2.3-14 Каркас блока изготовлен из алюминиевого сплава путем соединения аргоно-дуговой сваркой двух одинаковых скоб. Форма каркаса блока обеспечивает его жесткость, а боковые пазы служат направляющими при установке блока в гнездо платы. Для предохранения от повреждения навесных электроэлементов используется восемь габаритных ограничителей. На передней части каркаса крепится ручка, на которой имеется заводской номер блока, его наименование и стрелка, указывающая правильное положение блока. С другой стороны каркаса крепится 32-контактная вилка разъема. На каркасе устанавливаются две стандартные гетинаксовые печатные платы толщиной 1,5 мм, изготовленные фотохимическим способом с навесным монтажом, покрытым двумя слоями лака СБ1С. Эти платы с помощью проводника подключаются к вилке.

Оригинальным конструкторским решением, обеспечивающим надежность контакта в 32-контактном разъеме, было использование специальной конструкции разъема, которая на этапе отладки обеспечивала контактный переход между вилкой и гнездом, а после отладки этот переход запаивался, что исключало нарушение контактов при механических и климатических воздействиях. Разъемы с запайкой, впервые использованные в 5Э89, позволили без применения золотого покрытия добиться высоких эксплуатационных показателей и исключить сбои, связанные с нарушением



*Рис. 2.3-15*

ем контактов. При смене блока производилась распайка и запайка контактов нового блока, что несколько увеличивало время устранения неисправности, но ввиду высокой надежности не оказывало существенного влияния на эксплуатацию.

Основные разработчики СВМ Н. Сотина, В. Хромов, Г. Калиш, Н. Каневская, В. Малишевский, В. Рыжков, В. Стрыгин, А. Виноградов, А. Атовмян, М. Шутов, А. Силкин, В. Хавтаси, В. Гуральник, А. Кашина, В. Кабанов.

За участие в создании 5Э89 к. т. н. А. С. Вайрадян был в 1974 г. отмечен Государственной премией СССР.

#### **«Кадр»**

Специализированная цифровая вычислительная система «Кадр» создана в 1960 г. в НПО «Агат».

Главный конструктор — Я. Хетагуров, заместитель главного конструктора — Е. Баскаков. Было изготовлено три системы на опытном производстве НПО «Агат» в 1960 г.

Система «Кадр» предназначалась для программного автоматического управления антенной дальней космической связи АДУ-1000 для наблюдения за космическими объектами в реальном масштабе времени. Рис. 2.3-15.

Система «Кадр» состояла из специализированного вычислительного устройства, входного устройства, считывающего данные с перфолисты, цифровых следящих систем с преобразователями цифровых данных в аналоговые величины, пульта управления системой и прибора питания. Она располагалась в конструкции антенны.

При создании системы «Кадр» использовались схмотехнические решения, электронные блоки и конструкции вычислительной машины «Курс-1» (5Э89).

В специализированном вычислительном устройстве проводилась линейная экстраполяция входных данных азимута и угла-места антенны и привязка их к астрономическому времени.

Цифровые следящие системы преобразующие двоичные коды были построены на индукционных фазовращателях (СКВТ — синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы). Для обеспечения требуемой точности была применена трехотчетная система. Полученные углы поворота передавались в силовую систему управления приводами антенны. Система «Кадр» обеспечивала точность наведения антенны по каждой координате — 1 угловая минута. Эта точность являлась рекордной для подобных систем.

Для успешной эксплуатации в системе было предусмотрено два режима:

- нормальный, обеспечивающий работу системы в реальном масштабе времени для слежения за космическими объектами;

- контрольный, выполняемый в ускоренном масштабе времени (ускорение в несколько десятков раз) для проверки правильности входных данных на перфоленте.

Система «Кадр» потребляла около 4 кВт.

Система «Кадр» была создана за 9 месяцев и эксплуатировалась около 10 лет.

Основные разработчики: К. Санников, В. Малишевский, О. Потуреев, Г. Курахтанов, В. Кондратов, А. Виноградов, Г. Рихтер, И. Попов.

За создание системы «Кадр» коллектив разработчиков был отмечен правительственными наградами.

Главный конструктор Я. А. Хетагуров был награжден орденом Ленина.

### **2.3.2. Алгоритмическая ЭВМ**

НПО «Агат» была разработана и изготовлена алгоритмическая ЭВМ «Апрель», непосредственно реализующая задачи и системное программное обеспечение, написанные на языке высокого уровня. Работа выполнялась в 1987—1988гг. Изготовлен один опытный образец, который был сдан ведомственной комиссии в 1989г. Научный руководитель разработки — Хетагуров Я. А., Главный конструктор — Алексеева З. Д. Основные разработчики — Кузнецов Г. И., Рихтер Г. Г., Полтавец Г. Н., Гукова Л. А. ЭВМ предполагалось использовать в корабельных цифровых вычислительных системах, в боевых информационно-управляющих системах и других управляющих системах реального времени.

### **Особенности алгоритмической ЭВМ.**

ЭВМ имела следующие характеристики:

- числа, хранящиеся в ЗУ, имели разрядность 32 двоичных разряда;
- объем памяти составлял 65 К слов.

В ЭВМ предусматривалась работа со словами следующих типов:

- короткое число с фиксированной точкой (16 разрядов);
- число с фиксированной точкой (32 разряда);
- число с фиксированной точкой двойной длины (64 разряда);
- короткая битовая строка (16 разрядов);
- битовая строка (32 разряда);
- число с плавающей точкой (32 разряда);

Все числа с плавающей и фиксированной точкой представлены в дополнительном коде. Для представления логических переменных использовался один разряд битовой строки, Значение TRUE -0, FALSE -1 использовались для логического управления. Если случалось, что операнды, задействованные в операции, разных типов, то они преобразовывались в однотипные более сложного типа. Так, при сложении числа с фиксированной точкой с числом с плавающей точкой результат был с плавающей точкой.

Для решения задач использовался расширенный язык Фортран-4, в который были включены некоторые операторы языка PL-1 и специальные операторы и описания, позволяющие работать в системах реального времени и в условиях необходимости защиты процесса решения от неисправностей. Для этого были введены операторы, позволяющие организовывать защиту программ и числовых файлов, организовывать параллельную работу программ, осуществлять блокировку прерываний, задавать реакции на прерывания. Языковые средства позволяли фиксировать интересующие разработчиков и операторов, использующих ЭВМ, ситуации: имитировать возникновение сигналов прерываний, динамически, статически или по предписанию распределять память и т.д.

Для защиты процесса решения задач от последствий сбоев были введены языковые средства, которые помогают разбивать программы на части, позволяющие производить повтор решения в случае сбойных ситуаций без нарушения результата.

К этим дополнительным средствам относятся:

- запоминание состояния ЭВМ и программы на момент возникновения прерывания по неисправности;
- организация общей межпрограммной библиотеки с защитой;
- задание приоритетов и их изменение;
- введение нескольких модификаций операторов ожидания наступления события;
- работа со счетчиками времени и др. Язык получил наименование RTF (real time FORTRAN). В состав RTF входит 56 операторов.

## Особенности алгоритмической ЭВМ

В арифметическое устройство выражения передаются в арифметически-логических операторах, состоящих из операций, переменных с индексами, заданными прямым или косвенным адресом, с польской записью арифметических и логических операций, т.е. выстроенных по приоритету и порядку выполнения.

Основой внутреннего языка являются простейшие записи, состоящие из 8 видов.

Для преобразования выражений и определения типа информационных слов в машине предусмотрены 4 базовых регистра: 2 для определения страницы памяти в ОЗУ и ДЗУ, два для обозначения полуслов. Адрес памяти (как ОЗУ, так и ДЗУ) образуется приформированием номера страницы, который содержится в соответствующем базовом регистре, и номера полуслова, который содержится в адресной части записей видов 1, 2, 7.

Имеются следующие виды записей:

### 1) Вид нулевой

Этот вид устанавливает номер страницы во втором базовом регистре.

000	Номер страницы
3p	13p

### 2) Вид первый

Адресуется простая переменная и константа (НБР — номер базового регистра, ТИП — тип переменной).

001	НБР	ТИП	Номер полуслова
3p	2p	3p	8p

### 3) Вид второй

Адресуется переменная с индексом

010	НБР	ТИП	Номер полуслова
3p	2p	3p	8p

### 4) Вид третий

Операция (КОП — код операции)

011	КОП
3p	5p

5) Вид четвертый  
Операция сдвига

100	КОП	Код сдвига
3p	5p	8p

6) Вид пятый

Этот вид обозначает коды стандартных функций (КФ) и управляющих символов

101	КФ
3p	5p

7) Вид шестой

Этот вид адресует простую переменную по косвенному адресу

110	НБР	ТИП	Номер полуслова
3p	2p	3p	8p

8) Вид седьмой

Непосредственный операнд

111		ТИП	ОПЕРАНД
3p	2p	3p	16—32p

### **Перечень операций, выполняемых арифметическим процессором**

Арифметические операции, выполняемые в алгоритмической машине, соответствуют набору операций обычной машины, но дополнены некоторыми операциями перевода одного типа данных в другой.

Список стандартных функций и управляющих символов, выполняемых в арифметическом процессоре:

### **Структура инструкции**

Инструкция представляет собой команду, полученную после претрансляции предложения, записанного на языке высокого уровня. Длина

инструкции может быть произвольной величиной, кратной полубайтам. Каждая следующая инструкция начинается с полубайта, следующего за последним предыдущей инструкции. Исключение составляет первая инструкция программы и инструкции, на которые при выполнении программы передается управление. Их запись всегда начинается с новой ячейки, независимо от заполнения предыдущей. Первая инструкция имеет следующую структуру:

1	1	Код оператора	Количество символов		1-ый символ				символы			
				Признак 1-го симв.		Признаки следующих 2-х симв.				Признаки след. 2-х сим.		

1-ый байт инструкции содержит в 2-х своих старших разрядах признак начала инструкции, а в остальных — код оператора;

2-ой байт инструкции включает в себя код числа символов в инструкции и признак первого символа. Значения символов следующие:

- 00 — идентификатор ОЗУ;
- 01 — идентификатор ДЗУ;
- 10 — операция или разделитель;
- 11 — константа.

Константа может иметь длину от 1 до 4 байт. Если отводить под константу стандартное число байтов (4), то длина инструкции в значительном количестве случаев становится неэффективно большой, со значительным количеством по существу пустых байтов. Если вводить признаки длины константы, то усложняется анализ инструкции. По условиям того времени пошли по второму пути. При этом если в первом признаке символа был признак константы, то вместо второго признака ставился признак длины константы, затем следовал символ константы, а не признак второго символа. Если признак константы появлялся на месте второго признака, то код типа константы располагался во втором полубайте признаков на месте первого признака. В этом случае дальше прочитывался только один символ. Для символов, отличных от константы, порядок следования был общим. Значения признаков длины константы следующие: —00—1 байт,

—01— 2 байта, — 10 — 3 байта, — 11 — 4 байта.

Конец инструкции определяется как аппаратным путём (по обнулению Сч кол.С), так и по выделению кода конца инструкции.

#### Выборка инструкции

При вводе программы в машину с именем программы вводится соответствующий ей первый адрес.

При вводе сигнала ПУСК запускающей программой вводится адрес начала включаемой программы (активируется адрес начала программы).

№	Обозначение	Наименование	Типы данных
1	-	Унарный минус (получение модуля числа)	1, 2, 6
2		Сдвиг	1, 2, 3, 6
3	*	Умножение	1, 2, 6
4	/	Деление	1, 2, 6
5	+	Сложение	1, 2, 3, 6
6	-	Вычитание	1, 2, 3, 6
7	ABS	Абсолютная величина	1, 2, 6
8	SIGN	=1, если $x > 0$ ; 0, если $x = 0$ ; -1, если $x < 0$	1, 2, 6
9	MOD.	$X = A + By$ , B- целое, $0 < A < y$	1, 2
10	.EQ.	Равно	1, 2, 3, 6
11	.GT.	Больше	1, 2, 3, 6
12	.LT.	Меньше	1, 2, 3, 6
13	.NOT.	Логическое НЕ	4,5
14	.AND.	Логическое И	4,5
15	.OR.	Логическое ИЛИ	4,5
16	.XOR.	Логическое исключаящее ИЛИ	4,5
17		Преобразование 1 и 2 типа в 3	
18		Преобразование 1 и 2 типа в 6	
19		Преобразование 3 типа в 6	
20		Преобразование 6 в 1 и 2 типы	
21		Преобразование 6 типа в 3	
22		Преобразование 3 типа в 1 и 2	

№	Функции	Наименование
1	LOG (x)	In x
2	EXP (x)	
3	SIN (x)	
4	COS (x)	
5	TAN (x)	tg x
6	ATG (x)	arctg x
7	SQRT (x)	
8	ATN (x, y)	arctg (x/y)
9	xly	$x^y$
10	(	
11	)	
12	,	
13	{	
14	}	
15	=	
16	;	

Одновременно с установкой Тр ПУСК в единичное состояние включается работа микропрограммника, осуществляющего управление работой устройств схемы.

Адрес начала программы по адресной шине поступает в Рг А (регистр адреса) ДЗУ, по которому происходит выборка 1-го слова 1 инструкции программы. Результат выборки записывается в Рг Ч (регистр числа) ДЗУ.

Из Рг Ч выбранное слово считывается параллельным кодом в Рг Ин.2 (регистр инструкции 2) одновременно с этим к СчА (счетчик адреса) добавляется 1, т.е. формируется адрес второго слова программы. В дальнейшей работе адреса ДЗУ формируются в СчА, состоящем из двух базовых регистров. В одном из них содержится номер страницы, в другом номер полуслова внутри инструкции. По окончании считывания слова из РгЧ в

Рг Ин.2, информация из последнего переписывается в Рг Ин.1 (регистр инструкции Г), причем пересылка из одного регистра в другой производится байтами. Одновременно с пересылкой слов новый адрес, сформированный в Сч А, поступает на Рг А ДЗУ. происходит выборка второго слова программы, которое после его принятия на Рг Ч ДЗУ также пересылается в Рг Ин.2 параллельным кодом. В СчА добавляется 1, что является третьим адресным словом программы.

Таким образом, после первых двух тактов считывания слов из Рг Ч ДЗУ в РгИн. 1 и РгИн.2 сформировано начало программы (1-я инструкция или её часть), которая затем начинает обрабатываться. Наличие двух регистров вызвано необходимостью формирования в целом виде символов, входящих в состав инструкции. В качестве символов могут быть использованы следующие виды данных:

- константы — 8-ми, 16-ТИ, 24-х, 32-х разрядные;
- идентификаторы, размещаемые в ОЗУ, — 8-ми разрядные (переменные);
- идентификаторы, находящиеся в ДЗУ (метки, имена) — 16-ти разрядные;
- операции (или разделители) — 8-ми разрядные.

Константы, входящие в состав инструкции, как правило, однократного использования. Массивы констант помещаются в отдельную зону ДЗУ. К операциям относятся арифметические операции, к разделителям — скобки, запятые и т.д.

Внутренняя структура инструкции определяет процесс её обработки устройством управления.

### **Особенности устройства управления**

Выполнение операторов в машине при таком внутреннем языке требует дополнительного объема аппаратуры. Поэтому наряду с обычными элементами устройства управления в алгоритмической машине присутствует ряд дополнительных регистров, управляющих триггеров, счетчиков. Все эти дополнительные устройства составляют устройство выборки и предварительной обработки инструкций.

Инструкции и отдельные массивы констант хранятся в ДЗУ.

Рг Адреса содержит адрес выбираемого слова.

Рг числа служит для приема выбранного слова. Из выбранных слов необходимо сформировать инструкцию.

Сч А — счетчик адреса слов предназначен для формирования адресов слов инструкций (16 разрядов)

Рг Ин1 и Рг Ин2 - 32-х разрядные регистры предназначены для приёма и подготовки инструкции или её части к предварительной обработке.

Рг КОП — 6-ти разрядный регистр, предназначенный для приема и хранения кода оператора.

Сч кол С (Сч — количества символов) — 6-ти, служащий для подсчета символов при формировании инструкции. При обработке инструкции в Сч кол С находится код числа символов, подлежащих обработке.

Рг сост. (Регистр состояния) — 6-ти разрядный регистр, предназначенный для приёма и выдачи признаков символов. Максимальное число признаков, которые могут быть в нем записаны, равно 3. (2 разряда на признак).

Сх. Выделения пр. — схема выделения признака, которая включает в себя 4 схемы совпадения с кодами признаков следующих символов: констант, идентификаторов, меток, операций.

Вентильные группы предназначены для передачи частей инструкции в разные устройства в процессе её расшифровки.

Сч полубайтов (на 8 полубайтов) для выработки признака нового слова в Рг Ин2 из РгЧ ДЗУ.

Сч имп. Сдв. — счетчик импульсов сдвигов, который вырабатывает последовательность сдвиговых импульсов после считывания законченной части инструкции из Рг Ин.1.

СмАС — сумматор адреса слов, предназначен для формирования адреса числа, выбираемого из ДЗУ.

Тр. Сдв. — осуществляет управление подачей сдвиговых импульсов на Рг Ин1 и Рг Ин2, а также на Сч имп. Сдв.

Тр. Пуск — управляет работой микропрограммника.

Рг кода микрооперации — регистр, служащий для включения той или иной микрооперации дешифратором на Временной распределитель.

Тр Выдача — предназначен для управления выдачей информации по запросу от УУ сумматором единиц по mod2 — для формирования и выдачи признака на чтение очередного полубайта.

Дш. 1 — выход с дешифратора при коде 11... 1 в Сч полубайтов.

Тр Прерыв. — импульс управления записью в Рг Ин1 и Рг Ин2 при выделении признака кода 11... 1 Сч полубайтов.

Схема определения длины константы — схема, вырабатывающая признак для выборки константы.

Схема совпадения — определяет совпадение с кодом END и выдает признак конца инструкции. Кроме того, как в любой ЭВМ предусмотрено арифметико-логическое уст-во, дешифратор кодов операторов, микропрограммник для выполнения операторов машинным языком.

### **Система элементов**

Опытный образец ЭВМ выполнен на 133 серии. Арифметический процессор (без схемы котроля ) состоял из 412 корпусов, из них на устройство управления приходится 138 корпусов.

Время выполнения операции сложения для первого и второго типа данных составляло 0,3 мкс, для типа 6 — от 0,7 до 9,6 мкс. Операция умножения выполнялась для 1 и 2 типа за 4,9—9,7 мкс, а для 6-го типа за 5,2—10 мкс. Логические операции выполнялись за 0,3 мкс для 1, 2, 3 типов и за 0,6—6,8 мкс для 6 типа. Логические операции типа «лог. НЕ» за 0,1 мкс для 4 и 5 типов.

### **Основные характеристики, полученные при испытаниях**

По результатам разработки, отладки, испытания комиссией опытного образца при решении как вычислительных, так и системных задач были сделаны следующие выводы:

1. Программирование на фортрано-подобном языке RTF-77 повысило производительность кодирования программы относительно кодирования на машинном языке в 5 раз;

2. Программы, написанные на языке RTF-77, сократились по объёму по сравнению с программами, на машинном языке в среднем в 3,3 раза;

3. Объем памяти, занятый программой написанной на RTF-77, примерно равен объёму памяти, занятому этой же программой, написанной на машинном языке, и занимает в 3—5 раз меньший объем памяти по сравнению с программой, написанной на ЯВУ и оттранслированной на машинный язык. Это привело к увеличению производительности ЭВМ с прямой реализацией ЯВУ (RTF) примерно в 2 раза.

4. Объем, занимаемый аппаратурой, составил 120 л в бескорпусном исполнении;

5. Быстродействие ЭВМ составило около 2 млн. операций в с.

Ведомственная комиссия, принимавшая ЭВМ, рекомендовала перевести ЭВМ с использованной элементной базы на СБИС, что привело бы к соответствующему уменьшению потребляемой мощности и к сокращению габаритных размеров. Однако из-за резкого снижения финансирования работа была прекращена.

### **2.4. Разработки ВНИИЭМ**

Электронная вычислительная машина ВНИИЭМ-1 была создана в 1961—1962 гг. во ВНИИЭМ. Изготавливалась на опытном производстве института. Работами руководил Коган Б. М. Коллективом разработчиков руководил Долкарт В. М.

Машина использовалась для записи в бортовую вычислительную машину полетных программ управления ракетой

Машина ВНИИЭМ-1 построена с использованием полупроводниковых приборов транзисторов П16, П403, П603, работает с 32-разрядными числами. Имеет ферритовое запоминающее устройство емкостью 2048 слов. В качестве регистров используются ячейки ферритовые 3У

Данных по быстродействию, габаритным размерам и конструкции в музее нет.

Электронная вычислительная машина ВНИИЭМ-3 в 1964—1965 гг. и изготовлялась на опытном производстве института. Работами руководил Коган Б. М.

Машина использовалась в информационно-управляющих системах и химическом производстве г. Ангарск и металлургическом комбинате в г. Галеце (Румыния).

Машина работала с 24-разрядными числами и использовала полупроводниковые приборы.

Данных по быстродействию, объемам памяти, конструкции, технологии в музее нет.

Электронная вычислительная машина В-3М была создана в 1967 г. во ВНИИЭМ и изготовлялась в Истринском отделении института. Работы выполнялись под руководством Когана Б. М. Машина изготовлялась до середины 80 г. Было изготовлено несколько десятков машин.

Машина В-3М использовалась для обработки телеметрической информации с метеорологического спутника, для комплексной автоматизации АЭС (Ленинградской и др.) и для автоматизированных испытательных систем космических аппаратов.

Машина В-3М являлась модернизацией машины ВНИИЭМ-3. Она имела развитую систему команд для работы с полными и полусловами, развитую систему прерывания, контроль и коррекцию ошибок в ферритовом ЗУ, многомашинный режим работы. Применялось автоматическое изменение питания при профилактических работах.

В машине использовались платы с печатным монтажом, установленные в панелях. Связь между панелями осуществлялась монтажом накруткой.

Для повышения надежности был разработан палладированный соединитель с двойным контактированием, который применялся для связи плат печатного монтажа с панелью.

Данных по быстродействию, объемам памяти, габаритам, мощности в музее нет.

Основные разработчики машин ВНИИЭМ-1, 3 и В-3М: Каневский М. М., Степанов В. Н., Лукьянов Л. М., Колтыпин И. С., Адасько В. И., Вонтелев А. И., Федосеев А. Н., Пуре Р. Р.

Микросредства управляющей вычислительной техники (МСУВТ) «В7» были созданы в 1979 г. Вычислительные средства В7 изготовлялись в Истринском отделении ВНИИЭМ, а затем на заводе в г. Александрия.

Научный руководитель работ академик Шереметьевский Н. Н. Вычислительные средства «В7» использовались для создания управляющих вычислительных систем в электротехнической отрасли.

Вычислительные средства «В7» использовали микропроцессор К580 (восемь разрядов). Для построения средств использовалась функционально-модульная архитектура. Модуль выполнял законченную функцию и располагался на одной печатной плате. Модули устанавливались на печатную панель, через которую происходило их соединение между собой.

В конструкции печатных плат и панелей использовался 4-х слойный печатный монтаж и панели со слоями питания и внутренними слоями земли. Эта система монтажа обеспечивала надежную работу вычислительной машины с микросхемами ТТЛ Шотки.

Данных по быстродействию, объемам памяти, габаритам в музее нет.

Основные разработчики: Долкарт В. М., Новик Г. Х., Лукьянов Л. М., Пуре Р. Р., Степанов В. Н., Каневский М. М., Колтыпин И. С., Редина С. Ф., Ульянова Е. К., Куцаков С. Я., Ташиян В. В., Федосеев А. Н., Щербаков С. И.

Средства вычислительной техники МСУВТ «В9» созданы во ВНИИЭМ в 1985 г. Изготавливались в Истринском отделении ВНИИЭМ.

Вычислительные средства «В7/В9» использовались для создания информационных систем АЭС, для испытания стационарного ИСЗ «Электро».

Вычислительные средства «В9» были построены на основе 16-разрядного микропроцессорного набора серии К1810. Они совместимы со средствами В7. На основе вычислительных средств «В7/В9» в электротехнической отрасли были созданы сотни управляющих вычислительных систем.

Средства вычислительной техники МСУВТ «В-6» созданы во ВНИИЭМ в 1988 г. Изготавливались в ПО ВНИИЭМ.

Вычислительные средства «В-6» использовались для бортового многомашинного вычислительного комплекса, установленного на стационарном ИСЗ «Электро». Вычислительный комплекс «В-6» обладал повышенной надежностью.

Основные разработчики: Новик Г. Х., Каневский М. М., Крамфус И. Р., Колтыпин И. С., Жигунов И. А., Кацлавцев Ю. А., Федосеев А. Н., Дыбовский В. Л.

Средства вычислительной техники «В10Р» созданы во ВНИИЭМ в 1992 г. Изготавливаются ПО ВНИИЭМ.

Руководитель работ Куцаков С. Я.

Вычислительные средства «В10Р» используются для СУЗ (систем управления защиты) АЭС, информационных и управляющих систем АЭС (Калининской, Курской, Смоленской, Нововоронежской).

Вычислительные средства «В10Р» используют иностранные: микропроцессоры Интел 386, 486; контроллеры MCS 51, 96 и SAB167, сигнальные процессоры TMS320 и ADSP218X.

Данных по скорости, объемам памяти в музее нет.

Основные разработчики: Ташиян В. В., Протопопов М. В., Иванчук В. Б., Гореховская Т. А., Степанов В. Н., Подлесный Э. С., Мышкин В. В.

### **2.5. Разработки НИИВК (по материалам Рогачева Ю. В.)**

Главный конструктор вычислительных средств системы предупреждения о ракетном нападении, основатель Научно-исследовательского института вычислительных комплексов Карцев М. А. в 1958 г. приступил к разработке ЭВМ М-4, положившей начало этому направлению использования вычислительных машин. ЭВМ М-4 предназначалась для управления экспериментальным стационарным радиолокационным комплексом контроля космического пространства, создаваемым под руководством академика Минца А. Л.

Коллектив, возглавляемый Карцевым М. А., входил тогда в состав Института электронных управляющих машин АН СССР.

В 1967 г. отдел специальных разработок, возглавляемый Карцевым М. А., был переведен из ИНЭУМ в Министерство радиопромышленности СССР, где на его основе был образован Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов, который продолжил работы по созданию новых вычислительных машин и построению вычислительных комплексов на их основе (в том числе и для системы предупреждения о ракетном нападении).

С 1958 по 1990 год были созданы три поколения вычислительных машин: вычислительные машины второго поколения М-4, М-4М, М4-2М и М4-3М с элементной базой на транзисторах, векторно-параллельные многопроцессорные вычислительные машины третьего поколения М-10 и М10-М на микросхемах серии 217 («Посол») и первая отечественная векторно-конвейерная супер-ЭВМ четвертого поколения М-13.

**ЭВМ М-4** (рис. 2.5-1).

М-4 предназначалась для управления в реальном масштабе времени комплексом радиолокационных станций, созданных Радиотехническим институтом АН СССР (академик А. Л. Минц). Это была управляющая машина, выполненная по ТЗ заказчика, что позволило принимать технические решения, соответствующие предполагаемым алгоритмам первичной и вторичной обработки информации от радиолокационных станций

Техническое задание на ЭВМ М-4 разрабатывали от ИНЭУМ Карцев М. А., Бельинский В. В., Брудно А. Л., от Радиотехнического института Поляк Ю. В. 26—28 декабря 1957 года это техническое задание утвердили Брук И. С. и Минц А. Л.

Основные разработчики: Танетов Г. И., Иванов Л. В., Шидловский Р. П., Рогачев Ю. В., Смирнова Г. И., Филинов Е. Н., Макарова Р. П., Шерихов Е. С., Кузнецова В. П.



*Рис. 2.5-1. Общий вид ЭВМ М-4.*

Машина М-4 имела три уровня конструктивных единиц: шкаф (рис. 2.5-2), блок (рис. 2.5-3) и субблоки — транзисторный (рис. 2.5-4) и ламповый (рис. 2.5-5). Кроме того, для управления и контроля работы устройства использовалась специальная конструкция блока контроля (рис. 2.5-6).

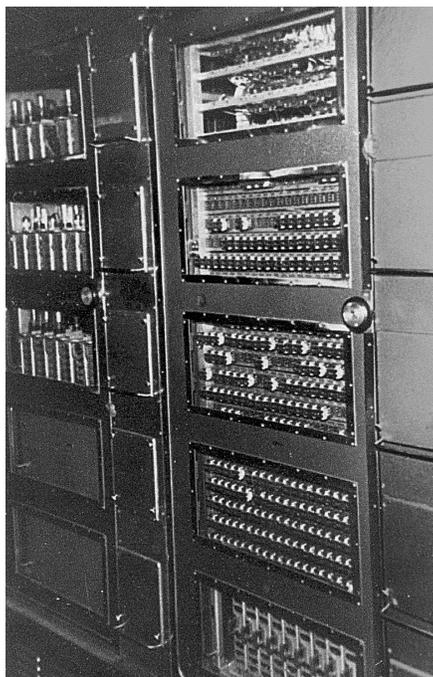
Изготовителем машины М-4 был определен Загорский электромеханический завод Министерства радиопромышленности.

В апреле 1958 года заводу был передан полный комплект конструкторской документации, и летом 1960 года завод изготовил и поставил в Радиотехнический институт два комплекта устройств машины М-4 для комплексной стыковки. После отладки машины первый комплект был направлен для работы с полигонной РЛС ЦСО-П. В 1962 году ЭВМ М-4 успешно выдержала совместные испытания с радиолокационной станцией и была рекомендована для серийного производства.

ЭВМ М-4 работала с 23-разрядными двоичными числами, с фиксированной точкой, (отрицательные числа представлялись в дополнительном коде). Машина имела оперативную память емкостью 1024 24-разрядных числа и постоянную память программ емкостью 1280 30-разрядных слов. Она содержала также узлы приема и выдачи информации с собственной буферной памятью, обеспечивающие параллельный ввод-вывод данных по 14 каналам со скоростью более 6 тыс. чисел/с.

Среднее быстродействие М-4 составляло 20 тыс. операций/с. (50 тыс. сложений или вычитаний в секунду, 15 тыс. умножений в секунду, 5,2 тыс. операций деления или извлечения квадратного корня в секунду).

М-4 была одной из первых в СССР машин, построенных на базе отечественных транзисторов и полупроводниковых диодов. Радиолампы ис-

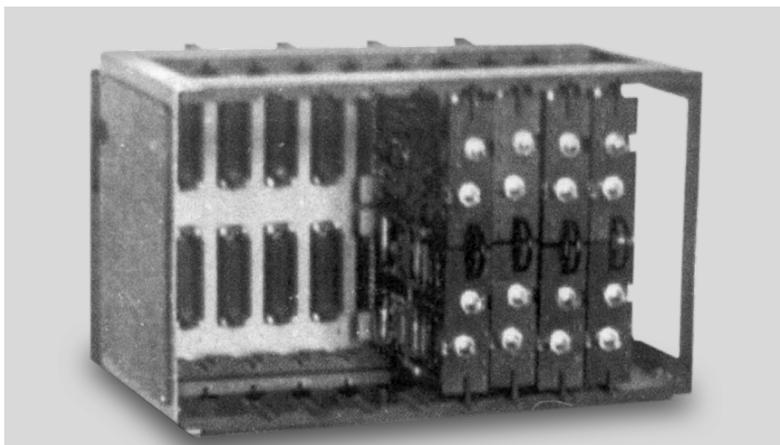


*Рис. 2.5-2. Конструкция шкафа.*

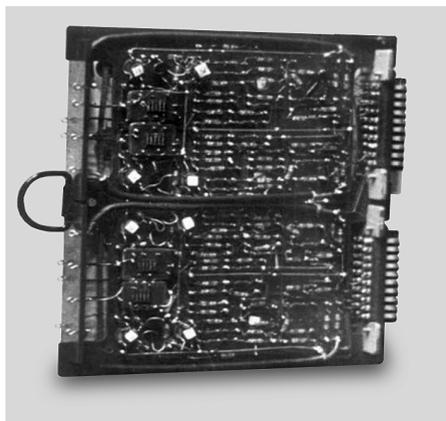
пользовались только в схемах генераторов тока записи в ферритовых ЗУ и в устройствах сопряжения с РЛС. Основу схемотехники М-4 составляла импульсно-потенциальная система элементов, в которой использовались диодная логика, транзисторный импульсно-потенциальный вентиль (двухходовая схема «И»), триггер с импульсными входами и потенциальными выходами.

Особенности аппаратуры М-4 были связаны с ее назначением: аппаратная реализация некоторых сложных операций (вычисление квадратного корня, двойное сравнение и др.), разделение памяти программ и констант и памяти данных, функциональное распараллеливание обработки информации благодаря использованию специализированных процессоров ввода-вывода.

**ЭВМ М4-М.** Второй комплект ЭВМ М-4 предназначался для управления и обработки информации полигонного образца РЛС ЦСО-С другого частотного диапазона, требующего предварительной цифровой обработки входных сигналов. Предстояло по дополнительному техническому заданию, утвержденному И. С. Бруком 30.01.61 года, разработать устройство первичной обработки информации (УПО) и, состыковав его с имеющимся вторым комплектом машины, образовать ЭВМ М4-М.

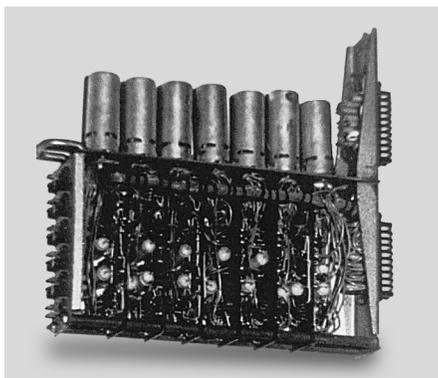


*Рис. 2.5-3. Транзисторный блок с вставленными субблоками.*

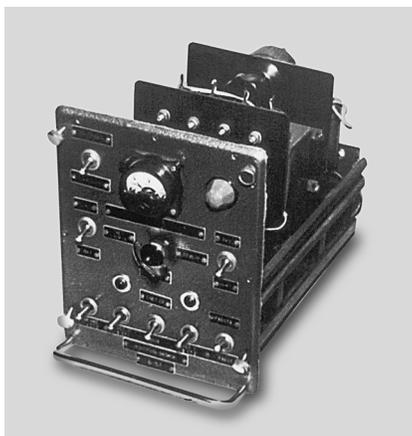


*Рис. 2.5-4. Транзисторный субблок.*

Разработка УПО проводилась под руководством Ю. В. Рогачева. Была разработана потенциальная система логических элементов на токовых ключах с высокочастотными диффузионными транзисторами П-403. Функциональная схема устройства УПО предусматривала наличие широкоформатных регистров, которые обеспечивали одновременно параллельную обработку до 16 радиолокационных сигналов, что почти на порядок повысило эквивалентную производительность ЭВМ М4-М. Устройство содержало переключатель секторов, преобразователь кодов, накопитель, пороговое устройство, устройство перекодирования, устройство определения координат, буферную память и другие. Все оборудование УПО размещалось в одном типовом шкафу машины М-4.



*Рис. 2.5-5. Ламповый субблок.*



*рис. 2.5-6. Блок контроля.*

В марте 1962 устройство было изготовлено и поставлено заказчику для стыковки со вторым комплектом машины М-4. Вычислительная машина в такой комплектации с обозначением М4-М в 1963 году была направлена на объект, где находилась ЭВМ М-4, и введена в эксплуатацию совместно с РЛС ЦСО-С.

Обе машины выполняли программы обработки радиолокационной информации в реальном масштабе времени и находились в эксплуатации до 1966 года.

### **ЭВМ М4-2М**

По предложению М. А. Карцева было принято решение о разработке новой вычислительной машины М4-2М (рис. 2.5-7) и запуске ее в серийное производство вместо ЭВМ М-4.



*Рис. 2.5-7. Общий вид ЭВМ М4-2М.*

Разработка М4-2М была выполнена на основании решения Комиссии Президиума Совета Министров СССР, принятого в марте 1963 г. Главный конструктор М4-2М М. А. Карцев, заместители главного конструктора Л. В. Иванов, Ю. В. Рогачев, Р. П. Шидловский.

Изготовление поручалось Загорскому электромеханическому заводу. В короткие сроки машина была запущена в производство без какого-либо макетирования, экспериментальных и опытных образцов. Это был первый подобный опыт, который стал в дальнейшем традицией школы М. А. Карцева. Такой подход требовал большой ответственности и смелости, прежде всего от главного конструктора, высокой квалификации коллектива разработчиков, обеспечивших создание проекта машины, пригодного сразу для серийного выпуска.

Машины М4-2М выпускались серийно с 1964 по 1986 год на Загорском электромеханическом, на Кировском приборостроительном заводах и на Волжском заводе вычислительной техники Министерства радиопромышленности. Эти машины эксплуатировались свыше 30 лет.

М4-2М имела быстродействие 220 тыс. операций/с. на программах, хранящихся в постоянной памяти, или 110 тыс. операций/с, если программы и константы хранились в основной оперативной памяти. Емкость оперативной памяти составляла от 4096 до 16784 29-разрядных слов (в разных вариантах комплектации машины). Емкость постоянной памяти — от 4096 слов инструкций плюс 4096 слов констант (также 29-разрядных) до 8192 слов инструкций и 8192 слов констант. Скорость ввода-вывода данных при обмене с объектом управления составляла 6256 14-разрядных чисел или 3125 29-разрядных чисел в секунду. Постоянное запоминающее устройство, построенное, как и ОЗУ, на ферритовых сердечниках, имело

двойную разрядность  $2 \times 29$  разрядов. По одному адресу (адресу команды) из него считывались 29-разрядная команда и 29-разрядная константа (непосредственный операнд). В каждом такте в арифметической или другой операции могли быть использованы два операнда из памяти — число и константа. Такой метод адресации тогда называли «полутораадресным». Кроме возможности извлечения операндов из памяти для арифметических операций можно было использовать результаты предыдущих операций.

Арифметическое устройство М4-2М было конвейерным. В нем применялось матричное множительное устройство («однотактный умножитель»). Все арифметические, логические и управляющие операции выполнялись за один такт машины.

Арифметические операции проводились над операндами с плавающей точкой (1 разряд — знак числа, 8 разрядов — порядок числа, 20 разрядов — мантисса). Система команд машины предусматривала операции с получением результата повышенной точности с 40-разрядной мантиссой.

Как специализированная управляющая машина, работающая в реальном масштабе времени, М4-2М имела развитую систему внешних прерываний. Она обеспечивала 12 активных, «жестких» прерываний и 12 «мягких», пассивных прерываний от внешних источников, т. е. сигналов объекта управления. Время реакции машины на активные прерывания было очень малым, переход на программу прерывания происходил за 2—3 машинных такта.

В дополнение к М4-2М на той же технической базе были разработаны:

— периферийный вычислитель М4-3М с арифметическим устройством для операндов с фиксированной точкой и развитой системой ввода-вывода для связи с объектом управления;

— системы устройств внешней памяти на магнитных барабанах и внешних устройств для ввода, хранения и документирования информации, частичной обработки и выдачи информации внешним абонентам, обеспечивающие асинхронную работу всех абонентских систем и устройств, включая телефонные линии дальней связи, а также несколько последовательных шлейфов связи с объектом. На этой основе было создано 6 типов управляющих вычислительных комплексов, которые выпускались серийно с 1967 г. Комплекс из М4-2М и внешнего вычислителя М4-3М обеспечивал быстродействие 400 тыс. операций/с. Надежность такого комплекса составляла около 700 часов наработки на отказ. На рис. 2.5-8 показана схема построения одной линейки трехлинейного вычислительного комплекса командного пункта системы.

ВП — внешняя память на магнитных барабанах.

АС-79—1 — абонентское сопряжение перфокарточного ввода-вывода и печати.

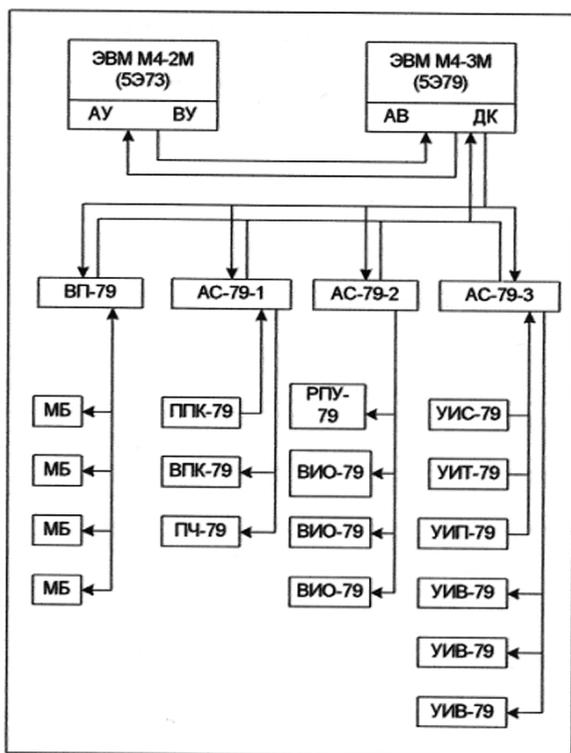


Рис. 2.5-8. Линейка вычислительного комплекса КП системы.

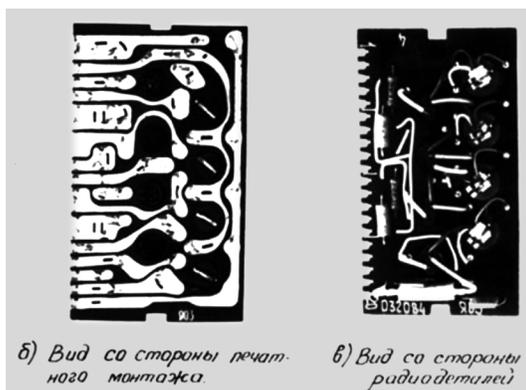
АС-79—2 — абонентское сопряжение контроллеров каналов передачи данных и средств отображения информации.

АС-79—3 — абонентское сопряжение контроллеров средств управления КП системы.

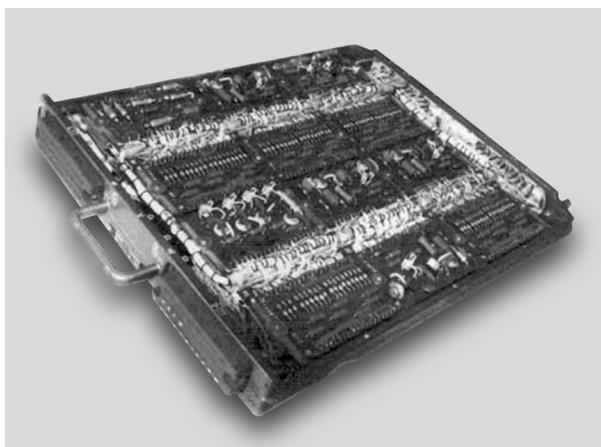
Все модификации машины М4-2М, машины М4-3М и абонентские системы строились на единой элементной и конструктивной базе. В электронных схемах использовались транзисторы П416 Б, П609 А, 2Т301 Д, МП15. МП10, стабилитроны Д808, диоды Д18 и Д219 А. Конструктивные единицы — ячейка (рис. 2.5-9), блок (рис. 2.5-10), шкаф (рис. 2.5-11).

Основные особенности вычислительных машин М4-2М и М4-3М:

Различные модификации этих вычислительных машин позволили создать вычислительные комплексы, обеспечившие построение крупной, территориально распределенной по всей стране, радиоэлектронной системы по контролю космического пространства с помощью радиолокацион-



*Рис. 2.5-9. Типовая конструкция ячейки ЭВМ М4-2М.*



*Рис. 2.5-10. Типовая конструкция блока ЭВМ М4-2М.*

ных станций. Управляющие вычислительные комплексы на базе М4-2М и М4-3М эксплуатировались до середины 1990-х годов.

М-4, М4-М, М4-2М и М4-3М не имели зарубежных аналогов и создавались коллективом под руководством М. А. Карцева исключительно на базе собственных разработок. Многие технические решения защищены авторскими свидетельствами.

Архитектура и структура управляющих машин М-4, М4-М, М4-2М, М4-3М, ориентированные на решение задач обработки радиолокационной информации и управление в реальном масштабе времени, имели ряд оригинальных решений, обеспечивших сбалансированные характеристики производительности и надежности:

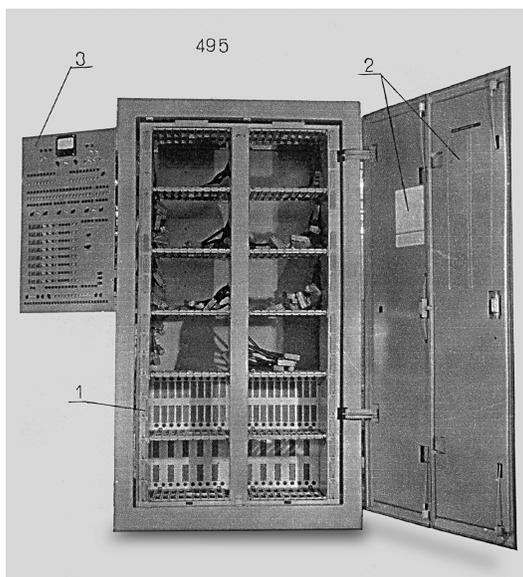


Рис. 2.5-11. Типовая конструкция шкафа ЭВМ М4-2М.

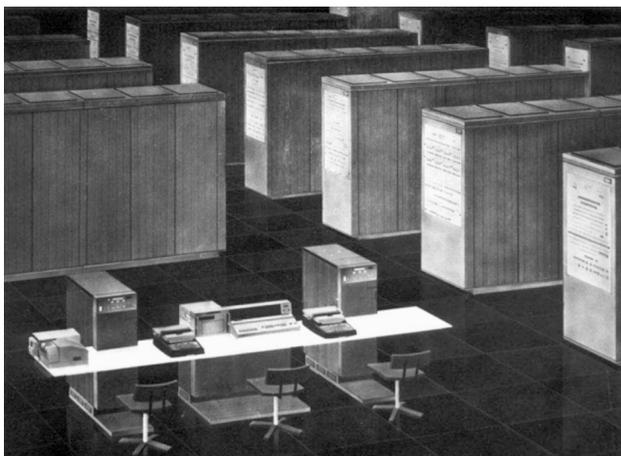
- разделение памяти программ и памяти данных при одинаковой длине слова, позволяющее повысить надежность за счет хранения программ и констант в постоянном запоминающем устройстве;
- организация выполнения всех арифметических, логических и управляющих команд за один такт машины (один из принципов архитектуры RISC-процессоров, появившихся значительно позже);
- аппаратная реализация сложных операций (типа извлечения квадратного корня, двойного сравнения и т. п.);
- развитая система прерываний, обеспечивающая быструю реакцию на внешние сигналы от объекта управления (переход на программу прерывания в течение 2—3 тактов машины).

Основные разработчики: Брик В. А., Танетов Г. И., Гливенко Е. В., Либуркин Л. З., Мельник Ю. Н., Миллер Л. Я., Пусенков Г. Н., Цибуль Е. И.

### **ЭВМ М-10.**

Электронная вычислительная машина М-10 (рис. 2.5-12) создана в 1971 году. С 1972 до 1986 г. изготавливалась на Загорском электромеханическом заводе. Изготовлено 50 комплектов машин.

Главный конструктор — Карцев М. А.; заместители главного конструктора: Иванов Л. В., Крупский А. А., Миллер Л. Я., Рогачев Ю. В., Шидловский Р.П.



*Рис. 2.5-12. Общий вид ЭВМ М-10.*

Машина использовалась в вычислительных комплексах для решения крупных научных задач, управления и обработки информации сложных систем в реальном масштабе времени.

М-10 — синхронная многопроцессорная векторно-параллельная ЭВМ: в ее состав входит ряд процессоров различного типа, которые могут работать параллельно (синхронно), т. е. в течение одного машинного такта процессора.

Первый тип — арифметические процессоры, которые физически реализованы в виде двух независимых арифметических устройств, синхронно выполняющих разные арифметические или логические операции. Каждое устройство представлено в виде одного, двух, четырех или восьми процессоров, программно перестраиваемых соответственно в 128-, 64-, 32- или 16-разрядные.

Второй тип процессоров, работающих синхронно с арифметическими, — устройство управления. Функциональная линейка устройства управления реализована с помощью 16-разрядных регистров, названных регистрами признаков. Одновременно с работой этих регистров в устройстве управления выполняется еще полный набор операций с фиксированной точкой над содержимым адресных модификаторов. Таких модификаторов в М-10 шестнадцать. Каждый из них содержит 22 разряда, что соответствует разрядности адреса памяти М-10.

Третий тип процессоров М-10 составляют два синхронно работающих канала связи «процессор — память», предназначенных для чтения операндов из памяти во входные регистры арифметических процессоров и записи результатов операции. Максимальная ширина доступа в память по

одному каналу составляет 512 бит, что позволяет заполнять входные регистры всех арифметических процессоров за одно обращение.

Четвертый тип процессора — мультиплексный канал прямого доступа во внутреннюю память, позволяющий осуществлять ввод-вывод по 24 дуплексным подканалам с суммарной скоростью до 7 Мбайт/с. К каждому подканалу можно подсоединить до шести однотипных устройств.

#### **Основные технические характеристики**

Среднее быстродействие — 5,1 млн. оп./с. Общий объем внутренней памяти — 5 Мбайт. Оперативная память первого уровня — 0,5 Мбайт с временем цикла обращения 1,3 мкс и временем выборки — 0,8 мкс.

Постоянная память — 0,5 Мбайт с временем цикла обращения 1,3 мкс и временем выборки — 0,5 мкс.

Оперативная память второго уровня (большая память) — 4 Мбайт с временем цикла обращения в режиме произвольного доступа около 7 мкс и временем выборки 2,5 мкс.

Емкость буферной памяти мультиплексного канала — 64 Кбайт.

Система прерывания программ — 72-канальная, с пятью уровнями приоритетов.

Обеспечивается одновременная работа в режиме разделения времени восьми пользователей на восьми математических пультах.

За один машинный такт одновременно выполняются операции с фиксированной и плавающей запятыми, а также целочисленные операции над 16-ю парами 16-разрядных чисел, над 8-ми парами 32-разрядных чисел, над 4-мя парами 64-разрядных чисел, над 2-мя парами 128-разрядных чисел.

Предусмотрены векторные операции. Например, за один такт может быть вычислено скалярное произведение векторов.

В машине предусмотрены цепи, позволяющие объединить до семи машин М-10 в единый синхронный комплекс, работающий от общего тактового генератора. В каждом такте машина, работающая в комплексе, может выдать на свои выходные шины массив данных в 64 байта и принять массив такого же размера от любой другой машины комплекса.

Состав машины М-10: основное электронное оборудование машины размещалось в 31 типовом шкафу, из которых 21 шкаф занимали внутренние ЗУ. Появившееся в середине 70-х годов интегральные схемы памяти позволили разработать для ЭВМ М-10 новые устройства внутренних ЗУ и провести ее модернизацию — выпустить машину М10-М. В ЭВМ М10-М все оборудование внутренних ЗУ разместилось в четырех типовых шкафах. Машины М-10 и М10-М программно совместимы и полностью взаимозаменяемы.

(в скобках указано количество в ЭВМ М10-М)

АУ — арифметическое устройство — 4 шкафа;

УУ — устройство управления — 2 шкафа;  
КУ коммутационно-кодирующее устройство — 2 шкафа;  
ОП — оперативная память 1-го уровня — 9 (1) шкафов;  
ПП — постоянная память — 8 (2) шкафов;  
БП — оперативная память 2-го уровня — 4 (1) шкафа;  
ДК — диспетчер каналов — 1 шкаф;  
АБ — управление абонентами — 1 шкаф.

Число других устройств:

ПО — пульт оператора — 1;  
УПМ — управление пишущей машинкой — 1;  
МП — математический пульт — 8.

Периферийные устройства:

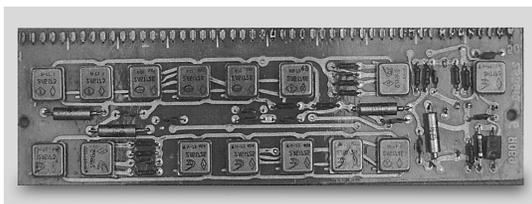
АЦПУ-128-3М — 2;  
ПЭМ—80 — 2;  
УВБК—601 — 2.

При комплектовании вычислительных комплексов вводились дополнительные внешние запоминающие устройства: восемь накопителей на магнитной ленте типа ЕС—5017 с емкостью кассеты до 20 Мбайт и 8 накопителей на сменных магнитных дисках типа ЕС—5056М с емкостью пакета дисков 7,25 Мбайт.

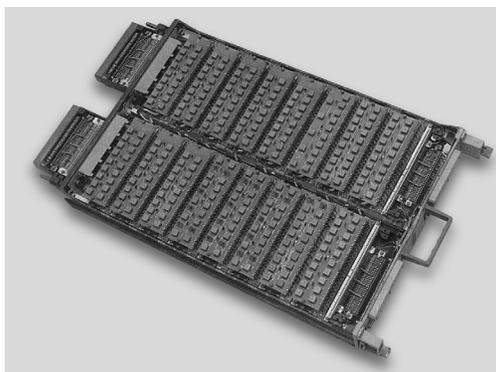
ЭВМ М-10 построена на микросхемах серии 217 («Посол») со скоростью срабатывания порядка 15—25 нс на вентиль и степенью интеграции до 3—5 вентилях в корпусе и ферритовых сердечниках М100П-2К1058 размером 1,0×0,7×0,3 мм. Устройство постоянной памяти конденсаторного типа. В качестве носителей информации использовались съемные металлические перфокарты. Постоянная память для М10-М строилась на тороидальных магнитных сердечниках с диаметрными отверстиями в качестве носителей информации. В логических схемах устройства этой постоянной памяти использовались элементы серий 230 и 133.

**ЭВМ М-10** имеет трехуровневую конструкцию — ячейка, блок, шкаф. Типовая логическая ячейка (рис. 2.5-13) представляет собой двухстороннюю печатную плату размерами 180×52 мм с закрепленными на одном из ребер 50 лепестками ложечного типа для присоединения к монтажу блока методом распайки. На каждой ячейке может быть установлено 20 микросхем и 5 фильтрующих конденсаторов.

Типовой логический блок (рис. 2.5-14) включает в себя до 36 ячеек и четыре разъема типа ГРПМ—2—122, два из которых размещены на передней панели блока и два — на задней. Разъемы, установленные на задней панели, предназначены для подключения блока к монтажу шкафа, а на передней — для соединения блоков между собой или для использования ка-



*Рис. 2.5-13. Типовая логическая ячейка ЭВМ М-10.*



*Рис. 2.5-14. Типовой логический блок ЭВМ М-10.*

честве контрольных точек. Каркас блока представляет собой раму, изготовленную из сплава АЛ-2 литьем под давлением. Размеры блока 748×424×60 мм.

Аппаратурный шкаф (рис. 2.5-15) представляет собой сварной каркас, на котором установлено съемное монтажное поле и направляющие для установки блоков, а также навешены двери и панель управления. В нижней части каркаса крепятся рамы с разъемами для внешних кабельных соединений.

Система охлаждения шкафа — воздушная, замкнутого типа.

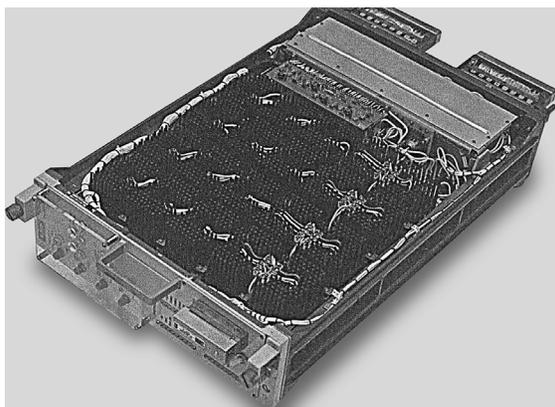
При проектировании ЭВМ М-10 особенно тщательно обрабатывались конструкции блоков питания и накопителей внутренних запоминающих устройств, обеспечивающие их компактное размещение в типовой конструкции шкафа.

При проектировании ЭВМ М-10 особенно тщательно обрабатывались конструкции блоков питания и накопителей внутренних запоминающих устройств, обеспечивающие их компактное размещение в типовой конструкции шкафа. (Рис. 2.5-16, 2.5-17, 2.5-18, 2.5-19).

Математическое обеспечение ЭВМ М-10 состоит из:

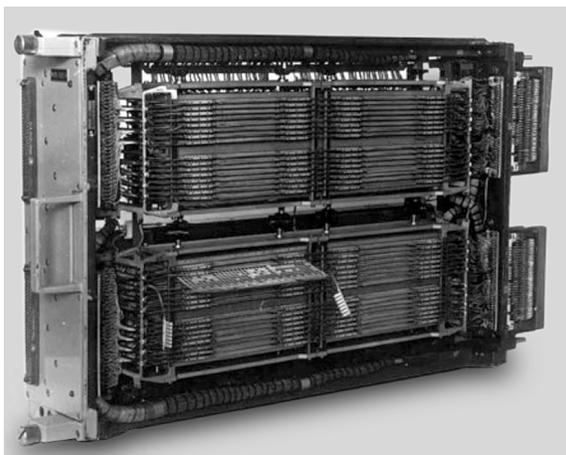


*Рис. 2.5-15. Типовая конструкция шкафа ЭВМ М-10.*



*Рис. 2.5-16. Блок питания ЭВМ М-10.*

- операционной системы, обеспечивающей режим работы с разделением времени, диалоговый режим одновременной отладки до восьми независимых программ и мультипрограммный режим автоматического прохождения до восьми независимых задач;
- системы программирования, включающей машинно-ориентированный язык АЛГОЛ, проблемно-ориентированный язык АЛГОЛ-60 и соответствующие трансляторы и средства отладки;
- библиотеки типовых и стандартных программ;
- диагностических программ;



*Рис. 2.5-17. Накопитель постоянной памяти ЭВМ М-10 конденсаторного типа с металлическими перфокартами.*



*Рис. 2.5-18. Куб оперативной памяти на ферритовых сердечниках.*

— программ контроля функционирования.

Технико-эксплуатационные характеристики:

- Занимаемая площадь, кв. м.: ЭВМ М-10 — 325; ЭВМ М-10М — 200
- Потребляемая мощность, кВт: ЭВМ М-10 — 112; ЭВМ М-10М — 66.



*Рис. 2.5-19. Куб большой памяти на ферритовых сердечниках.*

Показатели надежности: коэффициент готовности — не менее 0,975; среднее время безотказной работы — не менее 90 ч; среднее время восстановления 0,8 ч.

Достоверность аппаратного контроля — вероятность обнаружения отказов 0,94.

В ЭВМ М-10 реализованы новые прогрессивные решения:

— предусмотрена возможность синхронного комплексирования до семи ЭВМ при прямом (минуя мультиплексный канал) обмене информацией между программами отдельных машин и динамическом разделении оборудования, что позволило построить целый ряд вычислительных комплексов, объединяющих работу двух, трех и шести вычислительных машин;

— реализована автоматическая перестройка поля процессоров;

— в состав ЭВМ введен второй уровень внутренней памяти емкостью 4 Мбайт с произвольным доступом;

— обеспечен внешний обмен с обоими уровнями внутренней памяти;

— обеспечена высокая скорость реакции на внешние сигналы (менее 6 мкс) при работе с объектами в режиме реального времени.

Новизна многих технических решений защищена 18 авторскими свидетельствами на изобретения и пятью свидетельствами на промышленные образцы.

Основные разработчики: Брик В. А., Либушкин Л. З., Гливенко Е. В., Мельник Ю. Н., Смирнова Г. И., Емелин В. М., Кабаенкова Г. М., Шерихов Е. С., Пусенков Г. Н., Цибуль Е. И., Карасик А. Ю., Грязнов В. В.

## **Вычислительные комплексы на базе М-10 и М-10М**

На базе вычислительных машин М-10 и М-10М был построен ряд вычислительных комплексов различного назначения. При разработке необходимые для этого дополнительные устройства строились на элементах, конструкциях и по технологии ЭВМ М-10. Ниже приведены некоторые из этих вычислительных комплексов.

### **Вычислительный комплекс 5К31**

Вычислительный комплекс 5К31 предназначался для работы на командном пункте с целью расширения его возможностей, необходимых при наращивании средств системы. В состав вычислительного комплекса входило три комплекта ЭВМ М-10 с устройствами 5Я34, которые обеспечивали прием и обработку информации от восьми радиолокационных узлов, расположенных на территории СССР, и передавали на устройства отображения КП обстановку в космическом пространстве. В 1976 году вычислительный комплекс 5К31 и ЭВМ М-10 успешно выдержали государственные испытания. Начинаясь штатная эксплуатация ВК 5К31 и серийное производство ЭВМ М-10.

За создание машины М-10 авторскому коллективу присуждена в 1977 г. Государственная премия СССР.

### **Вычислительный комплекс 5Э52**

Вычислительный комплекс 5Э52 в составе трех ЭВМ М-10 и специализированных устройств сопряжения 5Я35 предназначался для обработки информации космической системы обнаружения стартов космических аппаратов и межконтинентальных баллистических ракет по факелам в момент запуска. Он вводился в эксплуатацию практически одновременно с ВК 5К31, длительное время находился в опытной эксплуатации, обеспечивая отработку программ и взаимодействие аппаратуры космической системы. Государственные испытания космической системы успешно завершились в 1982 году. С этого времени ВК 5Э52 несет непрерывное круглосуточное дежурство.

### **Вычислительный комплекс 63И6**

Вычислительный комплекс 63И6 предназначен для управления и обработки информации новой радиолокационной станции с фазированными антенными решетками «Дарьял». Решение всего комплекса задач на этой РЛС потребовало разработки и включения в состав комплекса в дополнение к машинам М-10 специальных устройств сопряжения с аппаратурой станции (64К6), устройств управления внешними накопителями на магнитных дисках и магнитной ленте (УН) и устройств, расширяющих возможности абонентского обмена (ДКС, АБ-1). Вычислительный комплекс 63И6 успешно выдержал государственные испытания в составе РЛС в 1983 году.

### **Вычислительный комплекс 17Л6**

Вычислительный комплекс 17Л6 включал в свой состав шесть вычислительных машин М10-М с абонентскими системами Аб-2, которые обеспечивали в режиме непрерывной круглосуточной работы различные комбинации объединения машин для решения задач и организации резервирования.

**Спецвычислитель 65И6** — двухмашинный вычислительный комплекс, предназначенный для технического обслуживания полигонного образца многофункциональной РЛС, включал в свой состав два комплекта ЭВМ М-10М и два устройства СК (специальный канал) для стыковки с РЛС. Группой математиков-программистов была разработана мультипрограммная операционная система реального времени, ориентированная на оптимальное решение задач, возложенных на спецвычислитель. Особенностью этой операционной системы является возможность организовать одновременное прохождение в разделении времени нескольких равнопаритетных задач реального времени, управляемых с разных терминалов, — разумеется, с меньшими скоростями реакции на внешние сигналы, чем для одной приоритетной программы при использовании этой «ОС реального времени». В 1980 году спецвычислитель 65И6 в составе двух линеек выдержал проверку по ТУ и был введен в эксплуатацию совместно с операционной системой.

**Вычислительный комплекс 68И6.** Для управления и обработки информации на втором и последующих комплектах РЛС «Дарьял» использовались вычислительные машины М-10М в составе вычислительного комплекса 68И6. Успешный ввод в эксплуатацию этих вычислительных комплексов подтвердил полную функциональную взаимозаменяемость и программную совместимость ЭВМ М-10 и М-10М.

**Моделирующий стенд НИИВК.** ЭВМ М-10М стала первой вычислительной машиной, которую институт получил в свое собственное распоряжение. Доукомплектованная устройствами ДКС, АБ-1 и УН, она явилась основой моделирующего стенда института. Наличие ЭВМ с такими техническими характеристиками и объемами памяти дало возможность решить ряд крупных научных задач, разработать и отладить несколько версий операционных систем математического обеспечения, создать программы автоматизации проектирования. Сотрудники отделов 60 и 120, многие разработчики других отделов получили в свое распоряжение мощный инструмент: восемь математических пультов круглосуточно обеспечивали работу программистов в режиме разделения времени. Любые вопросы по вычислительным комплексам и их программному обеспечению, возникающие на объектах, обрабатывались на моделирующем стенде НИИВК.

На машине М-10М моделирующего стенда НИИВК были проведены особо сложные научные расчеты: по механике сплошной среды (в 40—45

раз быстрее, чем на БЭСМ-6 для вариантов программы, размещающейся в ОЗУ БЭСМ-6, и в сотни раз быстрее для реальных вариантов). Впервые в мире на модели получены данные по явлению коллапса в плазме, чего не удавалось сделать на СДС-7600 в США. Часть этих результатов опубликована в докладах АН СССР (т. 245, 1979, N2, с. 309-312), в трудах XV международной конференции по явлениям в ионизированных газах (Минск, июль 1981 года), доложена на европейской конференции в Москве осенью 1981 года.

Как значительное научное и техническое достижение отмечалась специалистами по вычислительной технике в нашей стране и за рубежом архитектура ЭВМ М-10, ориентированная на распараллеливание вычислений при решении крупных задач. В сборнике «Вопросы радиоэлектроники» (Серия ЭВТ, 1993, вып. 2, с. 16) профессор Головкин Б. А. — главный конструктор систем, информация которых обрабатывалась на машинах М-10 и М-10М в составе вычислительных комплексов 5К31 и 17Л6, о концепции машины М-10 писал:

«...Карцевым М.А. предложена, насколько можно судить впервые в мире, концепция полностью параллельной вычислительной системы — с распараллеливанием на всех четырех уровнях (программ, команд, данных, слов) и, что очень важно, эта концепция реализована в виде созданных на базе ЭВМ М-10 вычислительных комплексов.

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

### **ЭВМ М-13**

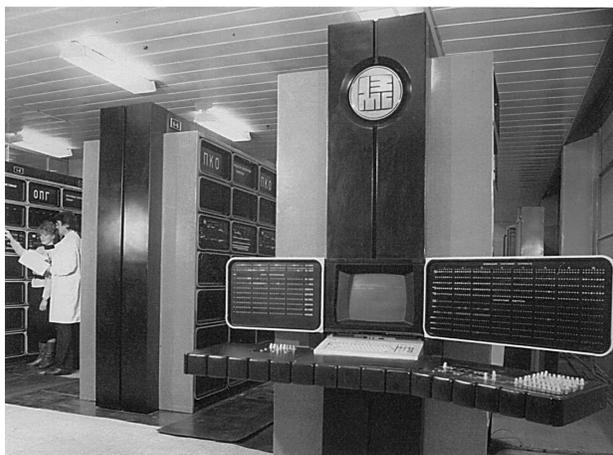
Электронная вычислительная машина М-13 (рис. 2.5-20) создана в 1982 г. С 1985 изготавливалась на Загорском электромеханическом заводе. Изготовлено 20 комплектов машин.

Главный конструктор — Карцев М. А.; заместители главного конструктора: Иванов Л. В., Карасик А. Ю., Крупский А. А., Миллер Л. Я., Рогачев Ю. В., Цибуль Е. И., Шидловский Р. П.

Организация—разработчик: Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов (НИИВК).

Машина использовалась в стационарных вычислительных комплексах для управления сложными системами и обработки их информации в реальном масштабе времени.

ЭВМ М-13 предусматривает три базовые модели, а также ряд их модификаций, различающихся комплектностью устройств специализированной процессорной части, дополнительных внешних устройств и др. Систе-



*Рис. 2.5-20. Общий вид ЭВМ М-13.*

мы и устройства М-13 созданы на единой элементной, конструктивной и технологической базе, объединяются общими структурными решениями и относятся к четвертому поколению вычислительных средств. Все модификации строятся по модульному принципу, используя одну и ту же номенклатуру элементов, ячеек и блоков.

Программная совместимость систем М-13 обуславливается единым для всех моделей (исполнений) машинным языком и единым математическим обеспечением, содержащим режим работы в реальном масштабе времени, диалоговый режим разделения времени с предоставлением мониторов для создания, трансляции и отладки программ на машинно-ориентированных (АВТОКОД М-13), проблемно-ориентированных (АЛГОЛ-60, ФОРТРАН, КОБОЛ) и универсальных (АЛГОЛ-68) языках.

Машина представляет собой многопроцессорную систему, включающую центральную процессорную часть, аппаратные средства поддержки операционной системы, абонентское сопряжение и специализированную процессорную часть.

Центральная процессорная часть, предназначенная для основных вычислений, содержит арифметические процессоры (АЛУ), устройства внутренней памяти (ОПГ, ППГ, ОПП), центральное устройство управления (ЦУУ), центральное устройство редактирования (ЦУР) и мультиплексный канал (МПК).

АЛУ — векторное арифметико-логическое устройство. Оперирует с числами с фиксированной и плавающей запятой. В зависимости от исполнения в состав ЭВМ М-13 может входить один, два или четыре шкафа АЛУ. Один шкаф включает четыре процессора. Каждый процессор произ-

водит операции над одной, двумя или четырьмя парами соответственно 32-, 16-или 8-разрядных операндов.

ЦУУ — центральное устройство управления осуществляет синхронное управление центральной процессорной частью за счет опережающего чтения группы последовательных команд программы с последующей аппаратной поддержкой их параллельного выполнения. ЦУУ содержит булевский процессор для управления потоками команд и для маскирования при векторной обработке, а также процессор АМ (адресный модификатор) с производительностью 3 млн. оп./с для управления адресным пространством.

ЦУР — центральное устройство редактирования производит уплотнение массивов под маской с целью исключения пробелов, которые появляются в процессе параллельной обработки.

МПК — мультиплексный канал представляет собой систему, состоящую из канального процессора — интерпретатора канальных программ (ИПК) и главного канала — мультиплексора данных. ИПК предназначен для аппаратно-программной поддержки операционной системы при выполнении операций ввода-вывода, обеспечения виртуальной адресации при вводе-выводе и при обработки прерываний от сопрягающих процессоров устройства абонентского сопряжения (УАС). Главный канал предназначен для обеспечения независимого и параллельного информационного обмена сопрягающих процессоров с внутренней памятью ЭВМ. Процессор МПК обеспечивает работу в разделении времени 128 подканалов.

Аппаратные средства поддержки операционной системы включают в себя центральный управляющий процессор (ЦУП) и устройство управления кодовыми шинами (УКШ).

ЦУП представляет собой мини-ЭВМ, система команд которой в основном совпадает с системой команд центрального процессора. На ЦУП выполняются следующие функции операционной системы: переключение процессов, обработка прерываний, организация вычислений в реальном масштабе времени на центральном процессоре, мультиплексном канале, специализированном устройстве и устройстве управления кодовыми шинами. Кроме того, ЦУП принимает и обрабатывает сигналы об ошибках от всех устройств ЭВМ и реагирует на сигналы от центрального пульта управления, организуя диалог оператора с ЭВМ М-13. ЦУП связан управляющими интерфейсами со всеми процессорами машины.

УКШ содержит таблицы трехуровневой виртуальной (математической) памяти. Связывает широкоформатными шинами все устройства машины с внутренней памятью.

Устройство абонентского сопряжения (УАС) содержит программируемые сопрягающие процессоры, которые позволяют подключать как стандартные периферийные устройства, так и специализированные, входящие в состав управляемых объектов.

Специализированная процессорная часть включает процессор когерентной обработки (ПКО), контроллер технического управления (КТУ) и управляющую память гипотез (УПГ).

ПКО представляет собой векторно-конвейерный вычислитель. В нем используется программно-управляемая глубококонвейерная архитектура устройства двухточечного преобразования, основу которого определяет узел для выполнения базовой операции быстрого преобразования Фурье. Применение этой базовой операции позволило на том же оборудовании выполнять многие другие операции, необходимые в алгоритмах цифровой обработки сигналов: вычисление максимального значения в массиве, сравнение массива с пороговым значением, вычисление суммы произведения массивов, вычисление корреляционных матриц и др. ПКО производит аппаратное умножение двух комплексных чисел. В одном шкафу четыре процессора. Эквивалентная производительность одного шкафа — 120 млн. оп./с. Допускается комплектация от одного до двадцати шкафов.

КТУ предназначено для сопряжения специализированной и центральной процессорных частей, а также для диспетчеризации различных групп ПКО.

УПГ — специализированное многопортовое запоминающее устройство.

Основные разработчики ЭВМ М-13: Брик В. А., Георгиев Н. Е., Квин Б. Л., Лебедев С. А., Емелин В. М., Макарова Р. П., Белков М. С., Калягин Б. И., Маршалко Б. Г., Баранов Л. Д., Слепенков А. В., Латышов А. А., Мельник Ю. Н., Златников В. М., Левнев А. И., Левин Ю. Б.

### **Технические характеристики ЭВМ М-13.**

Центральная процессорная часть:

— быстродействие, млн. оп./с — 12, 24, 48 при 32, 16 и 8-разрядных операциях;

— емкость внутренней памяти, Мбайт — 8,5; 17; 34; в том числе:

— ОПГ (1-й уровень), Мбайт — 0,25; 0,5; 1,0;

— ППГ, Мбайт — 0,25; 0,5; 1,0;

— ОПП (2-й уровень), Мбайт — 8,0; 16; 32;

Суммарная пропускная способность центрального коммутатора, Мбайт/с — 800, 1600, 3200;

— пропускная способность мультиплексного канала, Мбайт/с — 40, 70, 100. Абонентское сопряжение:

— число сопрягающих процессоров — 8, 16, ..., 128;

— максимальное быстродействие, млн. оп./с — 350.

Специализированная процессорная часть:

— пропускная способность контроллера технического управления,

- Мбайт/с — 50, 100, 200;
- емкость управляющей памяти гипотез, Мбайт — 4, 8, ..., 128;
- максимальное эквивалентное быстродействие, млрд. оп./с: 2,4. Внешняя память, Мбайт:
  - на сменных магнитных дисках, — 200;
  - на магнитной ленте, — 42.

### Состав ЭВМ М-13. Возможные комплекты шкафов:

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) .....	1	.. 2	.. 4.
Оперативная память главная (ОПГ) .....	4	.. 8	.. 6.
Постоянная память главная (ППГ) .....	2	.. 4	.. 8.
Оперативная память большая (ОПП) .....	1	.. 2	.. 4.
Центральное устройство управления (ЦУУ) .....	2	.. 2	.. 2.
Центральное устр. Редактирования (ЦУР) .....	2	.. 2	.. 2.
Мультиплексный канал (МПК) .....	1	.. 1	.. 1.
Центральный управляющий процессор (ЦУП) .....	1	.. 1	.. 1.
Устройство управления кодовыми шинами (УКШ) .....	1	.. 1	.. 1.
Устройство абонентского сопряжения (УАС) .....	1, .. 2,	.. 16.	
Устр. процессоров когерентной обработки (ПКО) .....	1, .. 2,	.. 20.	
Устр. Контроллера технического управления (КТУ) ..	1		
Устр. управляющей памяти гипотез (УПГ) .....	1, .. 2	.. 32.	

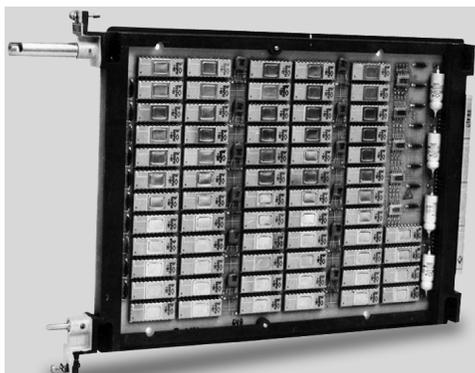
В логических узлах М-13 используются микросхемы типа ТТЛ серий 133,130, 530, для запоминающих устройств — микросхемы полупроводниковой памяти широкого применения.

ЭВМ М-13 имеет четырехуровневую конструкцию — ячейка, блок, шкаф, модуль.

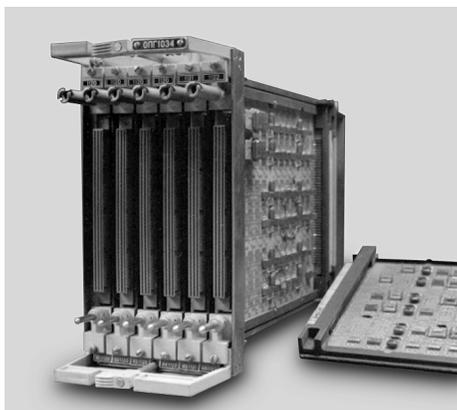
Ячейка содержит многослойную печатную плату размером 170×240 мм, прикрепленную к металлической раме с направляющими для установки в блок. Рама изготовлена из сплава АЛ-2 литьем под давлением. Технические характеристики платы следующие: общее число слоев — 9, число сигнальных слоев — 4, число отверстий сквозной металлизации — 1500, шаг трассировки — 1,25 мм (рис. 2.5-21).

Логический блок представляет собой металлический каркас размером 220×115×320 мм, собранный из деталей, изготовленных литьем под давлением, и закрепленную в задней части каркаса объединительную многослойную печатную плату с разъемами для подсоединения ячеек. В каждом блоке размещается шесть ячеек (рис. 2.5-22). Типовая конструкция блока питания показана на рис. 2.5-23.

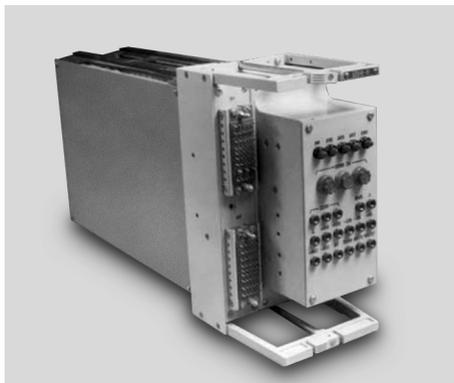
Шкаф содержит 12 секций (рис. 2.5-24). Каждая секция закрывается отдельной дверцей. Такие дверцы обеспечивали доступ к блокам только



*Рис. 2.5-21. Типовая конструкция ячейки ЭВМ М-13.*



*Рис. 2.5-22. Типовая конструкция логического блока ЭВМ М-13 (с установленными ячейками).*



*Рис. 2.5-23. Типовая конструкция блока питания ЭВМ М-13.*

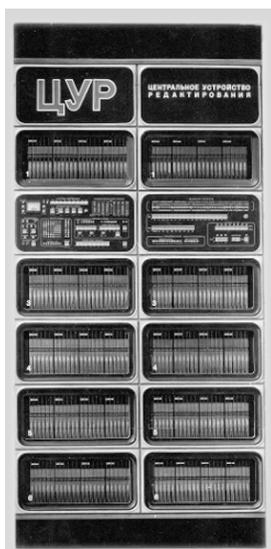


Рис. 2.5-24. Вид типового шкафа с лицевой стороны.

одного блочного каркаса, что позволяло при их открывании минимально нарушать режим работы системы охлаждения. Габариты шкафа — 1200×1930×550 мм. Межблочные связи в шкафу осуществляются с помощью жгутов, подключающихся к передним разъемам ячеек. На задней стенке шкафа электрические соединения не производятся, что обеспечивает возможность их установки в два ряда.

При монтаже машины на местах эксплуатации шкафы объединяются в модули (не более восьми шкафов в каждом). Шкафы устанавливаются в два ряда, соприкасаясь задними стенками. Два типа базовых модулей имеют постоянный состав, и их количество определяется комплектацией машины. Остальные модули могут иметь переменный состав. На схеме (рис. 2.5-25) показан состав устройств и их размещение в модулях ЭВМ М-13 средней комплектации (затемнены модули с постоянным составом устройств). На рис. 2.5-26 приведен общий вид ЭВМ.

### **Программное обеспечение**

Операционная система обеспечивает работу:

- в реальном масштабе времени (РМВ);
- в режиме разделения времени (РВ);
- пакетной обработки;
- с 4 заданиями РМВ;
- 26 заданиями РВ;
- многосеансовое выполнение до 250 заданий;

ЦУП	УКШ	ЦУУ	ЦУУ
УАС	МПК	ЦУР	ЦУР

АЛУ	ОПГ	ОПГ	ППГ
ОПП	ОПГ	ОПГ	ППГ

УАС	УАС	УАС	УАС
КТУ	УАС	УАС	УАС

АЛУ	ОПГ	ОПГ	ППГ
ОПП	ОПГ	ОПГ	ППГ

УПГ	ПКО	ПКО	ПКО
УПГ	УПГ	ПКО	ПКО

УПГ	ПКО	ПКО	ПКО
УПГ	УПГ	ПКО	ПКО

Рис. 2.5-25. Состав модулей серийных образцов ЭВМ М-13.

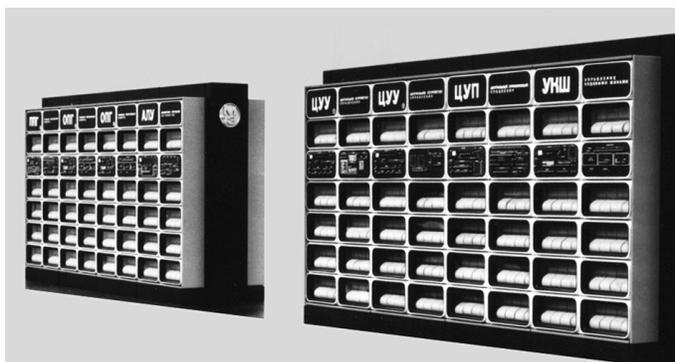


Рис. 2.5-26. Общий вид модулей (показаны базовые модули с постоянным составом устройств).

— устранение последствий сбоев и резервирование. Система программирования и отладки в составе:

- ассемблеров;
- алгоритмического языка высокого уровня, ориентированного на векторные вычисления;
- интерактивного режима отладки заданий РВ и РМВ в понятиях используемого языка;
- файловой системы, системы документирования, библиотеки типовых программ, системы технического обслуживания.

## 2.6. Разработки НИИ ДАР (ранее НИИ-37)

**ЭВМ «Т-340А» и «К-340А» (по материалам Малашевича Б. М.)**

В 1963 г. в НИИ ДАР (НИИ-37) была разработана и изготовлена первая в стране вычислительная машина, использующая систему остаточных

классов (СОК). Эта ЭВМ Т-340А использовалась для полигонного варианта радиолокационной станции дальнего наблюдения (РЛС) Дунай-ЗУП системы противоракетной обороны (ПРО) А-35. Она была изготовлена в единственном образце на опытном заводе НИИ-37 (главный конструктор Юдицкий Д. И.).

Полученные результаты по эксплуатации Т-340А были использованы при проектировании второй модулярной ЭВМ К-340А (главный конструктор Юдицкий Д. И., позже Васильев Л. В.), которая была освоена в 1966 г. в серийном производстве на опытном заводе при НИИ37 и Свердловском заводе радиоаппаратуры. В 1966—1973 гг. было изготовлено более 50 экземпляров. ЭВМ стала базовой для всех РЛС, разрабатываемых в те годы в НИИ-37.

ЭВМ «Т-340 А» и «К-340А» имели 45 разрядные данные и команды и трехадресную систему команд.

В каждом командном слове размещалось две команды, выполнявшиеся различными устройствами одновременно. По одной команде выполнялась арифметическая операция, по второй — управленческая: пересылка из регистра в память или из памяти в регистр, условный или безусловный переход и т.п. О применении двойных команд в других машинах того времени не было известно.

Система счисления — СОК с дополнительным основанием, обеспечивала высокое быстродействие и обнаружение ошибки в слове при выполнении операций в арифметикологическом устройстве.

В системе остаточных классов каждое число представляется в виде нескольких малоразрядных позиционных чисел, являющихся остатками от деления исходного числа на взаимно простые основания. В обычной позиционной двоичной системе выполнение операций (например, сложение двух чисел) производилось последовательно по разрядам, начиная с младшего. При этом образуется перенос в следующий старший разряд, что и определяет поразрядную последовательность обработки. В СОК появилась возможность распараллелить этот процесс: все операции над остатками по каждому основанию выполняются отдельно и независимо (параллельно), следовательно, в связи с их малой разрядностью, легко и быстро. Малая разрядность основания обеспечивает возможность использования табличной арифметики (при которой результат операции не вычисляется каждый раз, а, однажды рассчитанные помещаются в запоминающее устройство (ЗУ) и при выполнении операции считываются из него). Т. е. операция в СОК при табличной арифметике выполняется за один период синхронизирующей частоты (машинный такт). Проблемы возникают при переполнении диапазона представления чисел и округления результатов, решаются они программно-аппаратными средствами.

Табличным способом в СОК можно выполнить не только простейшие операции, но и сложные функции, которые заранее рассчитаны и помещены в ЗУ, и тоже за один машинный такт. Этим определяется одно из свойств модулярной (на основе СОК) арифметики: эффективная производительность модулярной ЭВМ может быть значительно выше, чем у позиционной ЭВМ с той же тактовой частотой. Действительно, если операция, которая в обычной ЭВМ выполняется за 100 тактов, в модулярной ЭВМ выполняется за один такт, то и ее эффективная производительность на этих операциях, при прочих равных условиях, в 100 раз выше.

Используя дополнительные основания, получаем избыточность, обеспечивающую контроль и исправление ошибок в процессе выполнения операций. Это одно из важнейших преимуществ СОК (арифметичность) перед позиционными системами: ни одна из них не позволяет находить и, тем более, исправлять ошибки в процессе выполнения арифметических операций. В ЭВМ, работающих в традиционных позиционных системах счисления, контроль и исправление ошибок (контроль на четность, избыточное кодирование, мажорирование и т. п.) обеспечиваются только при передаче и хранении информации.

В ЭВМ Т-340А и К-340А был реализован принцип независимых каналов памяти команд и данных. Оперативная память была выполнена в виде 16 блоков емкостью по 1К слов. Каждый блок имел по два порта для ввода-вывода информации: с абонентами (с возможностью параллельного обмена с любым числом блоков) и с процессором. Для увеличения быстродействия было реализовано программное расслоение оперативной памяти с чередованием обращения процессора к блокам. Кроме того, была применена многоходовая буферная память для двух операционных команд. Эти особенности построения системы памяти обеспечили высокую эффективность ЭВМ.

ЭВМ Т-340А и К-340А обладали быстродействием в 1,2 млн. двойных оп/с или 2,4 млн. обычных оп/с на определенных классах алгоритмов, имеющих малое число логических операций. Благодаря высокой надежности ЭВМ К-340А находится в эксплуатации уже более 40 лет.

Элементная база — транзисторы, диоды, ферриты. Конструкция — 12 шкафов размером 600×700×1800 мм. Потребляемая мощность — 33 кВт.

В разработке Т-340А и К-340А активное участие принимали Акушкин И. Я., Андрианов Е.С., Тюрин М.И. (арифметическое устройство), Хмелев А. Ф. (устройство управления), Горохов А. Д. (память команд), Матвейцев С. Ф. (оперативная память), Черняев В. С. (программное обеспечение и настройка), Шитьковский М. Н. (тесты), Резван Б. П. (печатающее устройство), Алаев Г. М. и Щербаков А. В. (логические элементы), Беляев Е. Н. (комплексные работы) и др.

## 2.7. Разработки Центра микроэлектроники (Зеленоград)

### ЭВМ «Алмаз» и «5Э53»

Разработка эскизного проекта ЭВМ «Алмаз» проводилась в 1965—1967 гг.

ЭВМ «Алмаз» предназначалась для территориальной системы ПРО страны «Аврора» и многоканального стрельбового комплекса МКСК «Аргунь» (полигонный вариант МКСК планируемой тогда второй очереди Системы А-35 — системы ПРО Московского промышленного района).

В разработке принимали участие основные предприятия Центра микроэлектроники: НИИ ФП (разработка архитектуры и процессора ЭВМ), НИИ ТМ (базовая конструкция, системы питания и система ввода/вывода информации) и НИИ ТТ (интегральные схемы). Главный конструктор — Юдицкий Д.И., научный руководитель Акушкин И.Я.

ЭВМ «Алмаз» состоял из трех типов вычислительных процессоров.

- Специализированный непрограммируемый процессор предварительной обработки радиолокационной информации, названный в Алмазе Преобразователем информации (ПИ).

- Программируемый модулярный (на основе системы остаточных классов — СОК) процессор, выполняющий основную обработку данных.

- Программируемый традиционный двоичный процессор, выполняющий операции, связанные с процедурами управления работой ЭВМ.

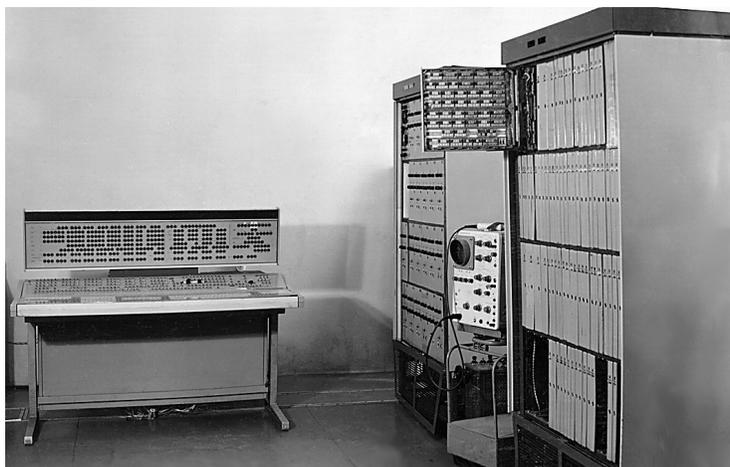
В ЭВМ «Алмаз» информация представлялась 45-разрядным кодом и имела двухадресную систему команд. Модулярная ЭВМ на задачах МКСК обладала производительностью до 30 млн. оп./с, подтвержденную моделированием на универсальной ЭВМ и реальными испытаниями на экспериментальном образце ЭВМ. Применение СОК обеспечивало высокое быстродействие, а так же обнаружение двойных и исправление одиночных ошибок при выполнении операций в процессоре. Вычисления значения специальных функций производилось специальными программно-аппаратными средствами по элементарной команде. Предусматривалась работа со словами переменной длины. Для построения машины использовались гибридные интегральные схемы серий ИС «Тропа» и «Посол» производства завода «Ангстрем». В оперативной памяти использовалась ферритовая память на основе тороидальных сердечников.

Объем оборудования — 11 шкафов размером 550×800×1750 мм, инженерный пульт управления рис. 2.7-1, внешние устройства. Занимаемая площадь — 100 м<sup>2</sup>. Был изготовлен, настроен, испытан и сдан межведомственной комиссии экспериментальный образец ЭВМ «Алмаз».

Основными разработчиками ЭВМ «Алмаз» были Радунский В. М., Рыков Л. Г., Амербаев В. М., Корнев М. Д., Силантьев П. П., Кокорин В. С., Белова М. Н., Селезнев И. П., Смирнов Н. А., Большаков И. А., Воробев Н. М., Лукашов В. Н., Захаров Ю. Л., Бутузов В. С., Коекин А. И., Черкас-



*Рис. 2.7-1. Инженерный пульт управления ЭВМ «Алмаз».*



*Рис. 2.7-2. Фрагмент пилотного образца ЭВМ «5953».*

сов Ю. Н., Чичерин Ю. Е., Главнов В. Н., Шугин В. Н., Кормилицын А. М., Сасов Ю. Д., Гаврилов Н. В., Царев В. Н., Нестеров П. В., Григорьевский В. В.

### **ЭВМ «5953»**

По результатам испытаний экспериментального образца ЭВМ «Алмаз», изготовленного в рамках эскизного проекта, было принято решение о разработке технического проекта ЭВМ. С этой целью разработчики ЭВМ были сконцентрированы в специально созданном предприятии — «Специализированном вычислительном центре» (СВЦ) зеленоградского Центра микроэлектроники Минэлектронпрома СССР, директором СВЦ был наз-

начен Юдицкий Д. И. В середине 1968 г. в СВЦ по уточненным требованиям заказчика (главного конструктора МКСК «Аргунь») были начаты работы над техническим проектом ЭВМ 5Э53, главный конструктор — Юдицкий Д. И. Проект был завершен в 1971 г. изготовлением и испытанием пилотного экземпляра 5Э53. Комплект конструкторской документации, откорректированной по результатам испытаний, был передан Загорскому электромеханическому заводу, приступившему к подготовке серийного производства ЭВМ. Но в 1972 г. в связи с прекращением работ по МКСК «Аргунь», освоение серийного производства 5Э53 было остановлено.

5Э53 была предназначена для решения следующих задач:

- обнаружение, распознавание и сопровождение целей,
- селекция реальных целей среди ложных,
- наведение противоракет на цель,
- управление системами МКСК.

ЭВМ состояла из 8 процессоров (4 модулярных и 4 двоичных процессора) с разрядностью команд 72 бит и данных 20 и 40 бит. Машина имела двухуровневую оперативную память на цилиндрических магнитных пленках (7,0М бит) и полупостоянную память команд на индукционных сменных картах (2,9М бит). В системе предусматривалась аппаратура передачи данных по линии связи. Производительность 5Э53 на задачах МКСК «Аргунь» достигала 40 млн. оп./с.

В 5Э53 использовались:

- Разделение команд на управленческие и арифметические. Арифметические команды выполнялись на модулярных процессорах, управленческие – на двоичных процессорах.
- Конвейерная организация основных процессов: вычислений, обращения к памяти. Одновременно выполнялось до 8 операций.
- Арифметическое устройство состояло из блока сложения/вычитания, блока умножения, блок управления адресами.
- Разделение памяти на оперативную и полупостоянную (с механической сменой носителя информации).
- Разделение шин команд и данных (Гарвардская архитектура).
- Аппаратное расслоение памяти на 8 блоков с чередующейся адресацией по блокам. Это позволяло при времени выборки информации из ОЗУ, равном 700 нс, обращаться к памяти с тактовой частотой процессора 166 нс. До 5Э53 такой подход аппаратно не был реализован, хотя был описан в нереализованном проекте IBM 360/92.

В машине 5Э53 использовалось ОЗУ на ЦМП (цилиндрических магнитных пленках). В качестве носителя информации используется тонкая магнитная пленка, гальванически нанесенная в круговом магнитном поле на проводящую полужку – полированную проволоку диаметром 0,1 мм из бе-

риллиевой бронзы. Одновременно провод-подложка выполняет функцию разрядной линии. Адресные линии формируются в запоминающей матрице и в виде петли из печатных проводников, огибающей разрядные шины. Быстродействие ОЗУ на ЦМП было 0,7 мкс. Для ОЗУ на ЦМП в НИИ МЭ были разработаны специальные усилители, серия «Ишим». В Ереване было организовано производство ЦМП для ОЗУ.

Конструктивное оформление 5Э53 включало 3 уровня: шкаф, субблок (блок) и ячейку. Шкаф имел размеры: 180×80×60 см, его полный физический объем составлял 0,864 м<sup>3</sup>. В шкафу размещалось 4 ряда по 25 субблоков в каждом ряду. Сверху размещались блоки питания. Под субблоками размещались нагнетающие вентиляторы воздушного охлаждения. Аппаратура 5Э53 размещалась в 24 шкафах. Фрагмент шкафа рис. 2.7-2.

Для межячеечных и межсубблочных соединений была использована технология монтажа методом накрутки. Проведенные испытания показали надежность и технологичность монтажа накруткой. При накрутке провода (обычно 6 витков) с нормированным усилием на квадратный контакт в результате диффузии образуется 24 точки микросварки. Кроме того, монтаж накруткой значительно технологичнее и в производстве (легко автоматизируется) и при ремонте и настройке (накрутку легко снять и восстановить). Накрутка безопаснее пайки: нет горячего паяльника и припоя, нет флюсов и не требуется их последующая отмывка, исключаются замыкания проводников от излишнего растекания припоя, нет локального перегрева, при пайке иногда портящего элементы. Был разработан и изготовлен удобный монтажный инструмент в виде «пистолета» и «карандаша». Для реализации монтажа методом накрутки предприятиями МЭП были разработаны и производились специальные разъемы.

Основными разработчиками ЭВМ «5Э53» были Акушский И. Я., Радунский В. М., Рыков Л. Г., Амербаев В. М., Корнев М. Д., Силантьев П. П., Кокорин В. С., Белова М. Н., Селезнев И. П., Смирнов Н. А., И. А. Большаков, Воробев Н. М., Лукашов В. Н., Захаров Ю. Л., Шмигельский В. Н., Бутузов В. С., Коекин А. И., Черкассов Ю. Н., Чичерин Ю. Е., Главнов В. Н., Шугин В. Н., Кормилицын А. М., Антипов Н. Н., Сасов Ю. Д., Гаврилов Н. В., Царев В. Н., Нестеров П. В., Григорьевский В. В.

## **2.8. Разработки НИИ ЭВМ г. Минск (по материалам В. В. Пришляковского) ЭВМ РВ-2 и РВ-3**

Были созданы две модели ряда возимых ЭВМ (РВ ЭВМ) РВ-2 в 1983 г. и РВ-3 в 1989 г. НИИЭВМ г. Минск.

Главный конструктор ряда возимых ЭВМ: Лопато Г. П. Заместители главного конструктора: Смирнов Г. Д., Чалайдюк М. Ф.

Главный конструктор РВ-2: Пыхтин В. Я. Главный конструктор РВ-3: Асцатуров Р. М.

Головной завод-изготовитель — Брестский электромеханический завод (БЭМЗ).

Год начала выпуска: РВ-2 — 1984, РВ-3 — 1990. Изготовлено 35 машин.

Год прекращения производства: РВ-2 — 1991, РВ-3 выпускается в настоящее время.

ЭВМ РВ предназначены для работы в информационных системах управления обороны и народного хозяйства. Они представляют собой возимые универсальные ЭВМ, выполненные по архитектуре ЕС ЭВМ. ЭВМ РВ используется для решения широкого круга научно-технических, информационно-расчетных, экономических и других задач как автономно, так и в режимах пакетной мультипрограммной обработки информации, включая системы, работающие в режиме разделения времени и реального масштаба времени.

Состав технических средств РВ обеспечивает:

- вывод данных на печать;
- вывод информации на перфоленту;
- работу с устройствами отображения информации (дисплеями);
- считывание и/или запоминание информации на магнитных лентах и магнитных дисках;
- возможность создания двухмашинных вычислительных комплексов и различных конфигураций ЭВМ РВ;
- управление вычислительным процессом с удаленного (до 1000 м.) пульта управления (дисплея);
- вывод результатов вычислений на удаленное (до 1000 м) печатающее устройство;
- разграничение доступа, защиты информации и программ от несанкционированных действий оператора;
- работу с удаленными периферийными устройствами мультиплексного канала через оптические линии передачи (до 300 м);
- работу с устройствами ЕС ЭВМ, в том числе с устройствами телеобработки;
- работу от двух независимых сетей электропитания с автоматическим переключением на резервную при аварии одной из сетей.

ЭВМ РВ-2 является одной из первых возимой универсальной ЭВМ, которая реализует систему команд ЕС ЭВМ Ряд-2 и обеспечивает программную совместимость с ЕС ЭВМ на уровне загрузочных модулей.

Технические средства ЭВМ разрабатывались в соответствии с требованиями к аппаратуре, размещаемой в отапливаемых кузовах с пониженной рабочей температурой  $-10^{\circ}\text{C}$  и не работающей при перемещении.

**Система команд, принципы работы — ЕС ЭВМ «Ряд-2».** Производительность ЭВМ РВ-2 в тыс. команд в секунду, не менее: по коротким ко-

мандам типа RX — 500, по научно-технической смеси — 300, по планово-экономической смеси — 220

Емкость оперативной памяти — от 512 Кбайт до 2 Мбайт

Внешняя память, Мбайт:

— на несменяемых магнитных дисках — 45 (3 накопителя по 15 Мбайт),

— на магнитных лентах — 20 (2 накопителя по 10 Мбайт)

Скорость передачи данных селекторного канала — 1,0 Мб/с.

Скорость передачи данных мультиплексного канала, Кб/с: в мультиплексном режиме — 130, в монопольном режиме — 400.

Автоматическое повторение команд при сбоях. При успешном повторении продолжается нормальная работа, при этом ошибка регистрируется в памяти для дальнейшего анализа.

Обеспечивается сохранность информации в оперативной памяти при отключении электропитания в течении 30 мин.

Электропитание ЭВМ РВ-2 осуществляется от 3-фазной сети напряжением 380/220 В, 50 Гц, с изолированной нейтралью:

— от автономной дизельной передвижной электростанции ЭД2×30Т400\ПА или других средств автономного электропитания;

— от государственной энергетической системы.

ЭВМ РВ-2 обеспечивает круглосуточную работу.

Базовая несущая конструкция (БНК) разработана на основе унифицированной БНК «Единство» и предусматривает три конструктивных уровня: ячейка, блок (модуль), шкаф.

Унифицированный интерфейс ввода-вывода как в рамках системы РВ ЭВМ, так и с ЕС ЭВМ позволяет использовать в составе РВ ЭВМ технические средства ЕС ЭВМ, а также технические средства РВ ЭВМ в составе моделей ЕС ЭВМ, что обеспечивает возможность создания вычислительных систем.

Возможность создания двухмашинных комплексов обеспечивается за счет доступа со стороны двух ЭВМ к устройствам внешней памяти, адаптеру канал-канал (АКК) и средствам прямого управления и межпроцессорной сигнализации в процессоре.

### **Основные технические характеристики РВ-3**

Система команд, принципы работы — ЕС ЭВМ «Ряд-2», фрагменты «Ряд-3»

Производительность в тыс. операций в секунду

— для коротких команд (формат RX) — до 3000 т. оп/сек;

— для научно-технических задач с короткими операндами — 1000;

— для научно-технических задач с длинными операндами и планово-экономических задач — 500.

Емкость оперативной памяти — 12 Мбайт.

Внешняя память, Мбайт:

— на несменяемых магнитных дисках — 136 (4 накопителя по 34 Мбайт);

— на магнитных лентах — 20 (2 накопителя по 10 Мбайт).

Количество кассет — 42 шт.

Байт-мультиплексный канал — 1.

Скорость передачи данных, Кб/с:

— в мультиплексном режиме — 150;

— в монопольном режиме — 470.

Блок-мультиплексных каналов — 4.

Скорость передачи данных — 1100 Кб/с.

Средняя наработка на отказ — 450 ч.

Возможность организации терминальных мест:

— всего — 32;

— дополнительных (с использованием коммутатора) — 20.

Электропитание — от автономной электростанции или от промышленной сети.

Предусмотрена возможность электропитания от двух сетей с автоматическим переключением основной сети на резервную при отсутствии напряжения. При аварийном отключении электропитания (основного и резервного) обеспечивается сохранность информации в ОП в течение 0,5 ч.

Гарантийный срок эксплуатации — 5 лет.

Для создания двухмашинных вычислительных комплексов процессор комплекса оснащен средствами прямого управления и межпроцессорной сигнализации, адаптером канал — канал. В УУ ПФУ комплекса предусмотрены двухканальные переключатели, обеспечивающие доступ каналов к внешней памяти со стороны двух ЭВМ.

Каналы процессора имеют средства косвенной адресации данных, повторения команд на уровне команд канала и отключения от интерфейса ввода-вывода по инициативе ПФУ.

Рабочее место оператора оснащено пультом управления, двумя дисплеями на газоразрядных панелях. Для документирования информации предусмотрены печатающие устройства последовательное и параллельное.

Проверка работоспособности ТС комплекса осуществляется с помощью аппаратных средств контроля, встроенных микропрограммных средств и тестовых программ. Обеспечивается локализация дефектов на уровне сменных модулей, входящих в состав возимого ЗИП комплекса.

Среднее время восстановления ТС — не более 30 мин.

Основное оборудование ЭВМ размещено в кузове аппаратной машины, средства вентиляции ТС, кондиционер, ЗИП и эксплуатационная документация — в прицепе.

Элементная база — серия 533, для внешних устройств — серии 134, 585, память — 541РУ1.

Элементная база — серия 533, 1530, 1533.

Системы программирования ФОРТРАН 77, ПЛ/1.

Пакет прикладных программ включает:

- средства графического программирования в среде ПДО;
- процессор вывода;
- средства оперативного контроля, наблюдения и обобщения;
- средства сетевой коммутации терминалов.
- систему комплексного автоматического тестирования;
- систему микропрограммной диагностики.

Для моделей РВ ЭВМ была разработана операционная система ОС РВ.

### **Характеристика ОС РВ ЭВМ**

#### **1. Режимы функционирования:**

мультипрограммная пакетная обработка с переменным числом задач:

- режим разделения времени;
- режим реального масштаба времени;
- совмещение режима разделения времени с мультипрограммной пакетной обработкой;

— совмещение режима реального масштаба времени с мультипрограммной пакетной обработкой.

а) мультипрограммная пакетная обработка с переменным числом задач:

— ввод и постановка заданий в очереди в соответствии с классами и приоритетами;

- управление заданиями и выделение ресурсов заданиям;
- системный вывод результатов заданий;
- динамическое распределение основной памяти;
- средства поддержки постоянного запоминающего устройства;
- обслуживание носителей данных, библиотек, системных наборов данных;

— подготовка данных с дисплея типа РИН-608С на магнитную ленту;

— сортировка наборов данных на магнитной ленте и на устройствах прямого доступа;

— редактирование и отладка программ и данных в диалоговом режиме;

— загрузка и подготовка операционной системы к работе, в том числе ускоренная загрузка;

— средства генерации конкретных вариантов операционной системы;

— управление виртуальной памяти;

— создание, синхронизация и завершение задач и подзадач;

— управление программами с простой, оверлейной и динамическими структурами;

— организация службы времени;

— управление периферийными устройствами на физическом и логическом уровнях;

- управление устройствами телеобработки на логическом уровне, используя телекоммуникационные методы доступа БТМД и ОТМД;
- восстановление вычислительного процесса при обнаружении ошибок периферийных устройств, каналов ввода-вывода, процессора;
- сбор и обработка статистических данных об ошибках функционирования системы;
- измерение основных характеристик функционирования системы;
- управления средствами комплексирования;
- средства для организации защиты от несанкционированного доступа к данным;
- свертка-развертка заданий;
- средства для организации контрольных точек и повторного пуска задания;
- б) режим разделения времени:
  - инициирование и завершение работы абонентов;
  - управление сеансами работы, в течение которых задания абонентов получают доступ к ресурсам;
  - планирование работы абонентов и распределение ресурсов для них;
  - обмен данными между программами и абонентскими пунктами;
  - разработка, отладка и выполнение программ пользователей с использованием языков программирования Ассемблер, ПЛ/1, Фортран;
- в) режим реального масштаба времени:

### **Особенности РВ ЭВМ**

Главной особенностью моделей РВ ЭВМ являлось то, что впервые у них была достигнута практически полная программная и протокольная совместимость ряда мобильных и наиболее распространенных в стране стационарных ЭВМ. Это открывало новые возможности: отладки и отработки программ и систем на стационарных ЭВМ (без опасения, что при переносе их на мобильные возникнет необходимость перепрограммирования), дублирования стационарных систем аналогичными мобильными, создания единых систем обработки информации с использованием мобильных и стационарных комплексов, объединения в единую информационную систему народно-хозяйственного информационного комплекса с оборонным с соответствующими системами разграничения доступа к информации.

Основные разработчики РВ ЭВМ: Аверьянов В. А, Ленкова В. М., Ковалевич Э. В., Скоромник М. Г., Исаенко В. М., Лопаченок А. П., Бугаев В. С., Артюх Ю., Панасюк И., Романовский В. И., Жаврид А. М., Семенюк С. С., Малашицкий Г. В.

# Глава 3. Бортовые управляющие вычислительные машины (БУ ВМ)

## 3.1. Авиакосмические управляющие вычислительные машины

### 3.1.1 Этапы развития разработок БУ ВМ НИИ «Аргон» (по материалам Штейнберга В. И., Чеснокова В. В.)

История отечественной бортовой вычислительной техники как отдельной ветви ВТ восходит к началу 60-х годов. Решением Комиссии Президиума СМ СССР по военно-промышленным вопросам № 246 от 16 октября 1963 г. Научно-исследовательский институт электронных математических машин (НИЭМ) был назначен головным предприятием страны по бортовым ЭВМ. В 1964 г. в НИЭМ впервые в СССР были развернуты работы по проектированию, производству и внедрению в авиацию и ракетостроение системы бортовых ЭВМ (БЭВМ), получивших название «Аргон». После слияния в конце 1968 г. НИЭМ с НИЦЭВТ разработка ряда «Аргон» продолжалась специализированным отделением НИЦЭВТ, которое в 1986 г. выделилось в самостоятельное предприятие — НИИ «Аргон». За это время было разработано более 30 типов БЭВМ и вычислительных комплексов на их основе.

Создание ряда «Аргон» шло в три этапа. На первом этапе (1964—1975 г.г.) были разработаны 11 моделей машин для ракетно-космических, авиационных и наземных автоматизированных систем управления. Базой для первых моделей послужил созданный к этому времени научно-технический задел по стационарным ЭВМ общего назначения.

На втором этапе (1976—1988 г.г.) к ЭВМ, используемым в составе систем управления летательных аппаратов и мобильных наземных объектов, предъявляется ряд специфических требований, которые значительно усложняют проектирование бортовых машин. К числу важнейших требований, во многом определяющих выбор основных проектных решений, относятся ограничения на массо-габаритные характеристики и потребляемую мощность, необходимость придания повышенной надежности функционирования, устойчивости к широкому диапазону внешних воздействий (механических, климатических, радиационных и др.), возможность обмена в реальном времени информацией с разнообразными датчиками и исполнительными устройствами объекта управления.

Третий этап (1985—1993 г.г.) характеризуется проектированием и созданием унифицированных семейств бортовых ЭВМ (СБ ЭВМ) СБ 1180, СБ 5580.

Проведем общий обзор БЭВМ и принятых решений по их построению и дадим краткие описания БЭВМ.

## **БЭВМ первого этапа**

Создание БЭВМ на первом этапе велось на основе ряда принципиальных положений, выработанных с учетом специфических требований к бортовым машинам в результате многочисленных исследований, осуществления эскизных и технических проектов.

С самого начала было принято решение проектировать БЭВМ на новой для того времени элементной базе — интегральных схемах (ИС). Только применение ИС давало возможность обеспечить необходимые параметры машин, в первую очередь массо-габаритные, энергетические и прочностные. Работы по созданию ряда «Аргон» дали мощный толчок развитию элементной базы для ЭВМ оборонного значения. НИЭМ и его преемники были инициаторами, заказчиками и соисполнителями разработки целого ряда выпускавшихся крупными сериями ИС, некоторые из них получили широкое применение не только в бортовой, но и стационарной ВТ.

Во всех моделях используется конструктивно-технологическая база с большой степенью унификации.

Введение программной совместимости между моделями было признано нецелесообразным. Это потребовало бы разработки единой для всех машин сложной системы команд, часть из которых во многих случаях оказалась бы излишней. При достигнутом в тот период уровне технологии элементов единственным путем удовлетворения жестких требований к бортовым ЭВМ была специализация системы команд к решаемым задачам. Вместе с тем системы команд и организация вычислений для различных моделей строятся на основе общих исходных принципов и являются достаточно близкими.

Для повышения плотности компоновки ИС используется многослойный печатный монтаж. Изготовление многослойных плат связано с большим количеством сложных и трудоемких операций. Поэтому с целью сокращения сроков разработки и числа ошибок при выполнении ручных операций основные узлы БЭВМ создавались с применением систем автоматизированного проектирования на базе универсальных ЭВМ.

Структура БЭВМ разрабатывалась с некоторым запасом по быстродействию и емкости ЗУ с расчетом на вероятное усложнение задач в процессе проектирования.

Рассмотрим основные показатели машин первого этапа. Машины первого этапа по типу используемой элементной базы разделяются на две группы. К первой, более ранней по времени разработки группе относятся БЭВМ «Аргон-1», «Аргон-10» и 10М, «Аргон-11А» и 11С, «Аргон 12А» и 12С, собранные на гибридных ИС типа «Тропа», ко второй — БЭВМ «Аргон-14», «Аргон-15», «Аргон-16» и «Аргон-17», выполненные на твердотельных ИС.

Серия гибридных ИС «Тропа-1» была предложена НИЭМ совместно с НИИТТ Министерства электронной промышленности для первых БЭВМ

ряда «Аргон» («Аргон-1», «Аргон-11А» и 11С, «Аргон 12А» и 12С). Однако высокие для того времени параметры (задержка 60 нс, потребляемая мощность 5,5 мВт на схему И-НЕ) и функциональная универсальность обусловили ее широкое применение как в бортовых, так и стационарных ЭВМ. Этому в значительной степени способствовала разработанная НИЭМ оригинальная схемотехника, обеспечившая выполнение требований к БЭВМ при ограниченных в то время возможностях электронной техники. В дальнейшем НИЭМ и НИИТТ были созданы гибридные ИС «Тропа-3» и «Тропа-5». Они позволяли довести быстродействие БЭВМ до 200 тыс.оп/с и использовались в машинах «Аргон-10» и 10М.

Машины второй группы «Аргон-14», «Аргон-15» и «Аргон-16» выполнены на первых стандартных твердотельных ИС серий 106, 133, 134, а «Аргон-17» — на первых микропроцессорных БИС серии 583.

Большое внимание в процессе проектирования уделялось определению параметров печатных плат как основного конструктивного элемента машин. При этом принимался во внимание ряд условий: возможность расчленения схемы БЭВМ таким образом, чтобы на платах размещались функционально-законченные узлы и использовались несколько габаритных размеров монтажных плат для обеспечения технологичности при серийном производстве и возможность применения средств автоматизации. В результате исследований были выбраны две типовые конструкции печатных плат: размером 230×330 мм со 141 выводом для размещения до 152 корпусов гибридных ИС «Тропа» и размером 148×198 мм со 136 выводами для монтажа до 96 корпусов твердотельных ИС.

В БЭВМ, построенных на ИС «Тропа» со штыревыми выводами, в основном использованы двусторонние печатные платы. В машинах «Аргон-10» и 10М применены четырехслойные платы, изготавливаемые методом парного прессования.

С переходом в БЭВМ второй группы к твердотельным ИС межсхемные соединения усложнились, что потребовало применения многослойного монтажа. В машинах «Аргон-14», 15, 16 и 17 использованы типовые многослойные платы, изготавливаемые методом послойного наращивания (до 5 слоев). Этот метод обеспечивает высокую плотность размещения печатных проводников, большие коммутационные возможности и повышенную надежность, недостижимую в случае других методов.

В машинах обеих групп конструктивным элементом следующего после платы уровня является пакет книжной конструкции. Как показали исследования и опыт эксплуатации, такая конструкция наилучшим образом отвечает требованиям механической устойчивости, предъявляемым к бортовым ЭВМ. Платы пакета шарнирно соединены специальной резиновой колдочкой («корешком») и могут поворачиваться на определенный угол, давая доступ к компонентам платы в процессе изготовления и наладки.

Электрические соединения между платами осуществляются с помощью гибких проводников, припаянных к выводам плат и закрепленных в «корешке». Платы скрепляются между собой жесткими шпильками; с целью уменьшения резонансных явлений на платах устанавливаются упоры. Таким образом, собранный пакет плат представляет собой жесткую конструкцию, в высокой степени устойчивую к механическим воздействиям.

Пакеты плат книжной конструкции являются универсальным элементом, пригодным для построения как машин, komponуемых из конструктивно законченных съемных блоков, так и машин, построенных по моноблочному принципу. По блочному принципу выполнены обслуживаемые БЭВМ авиационного и наземного назначения, условия эксплуатации которых позволяют осуществлять замену и ремонт неисправных блоков («Аргон-1», «Аргон-10», 10М, «Аргон-15»). БЭВМ ракетно-космического назначения в большинстве случаев являются необслуживаемыми и строятся по моноблочному принципу. Электрические связи между блоками всех машин выполнены проводным монтажом.

Серьезную проблему при проектировании бортовых ЭВМ представляет обеспечение устойчивости к воздействию внешней среды. Ввиду их компактности существенное значение имеет отвод тепла. В большинстве машин обеих групп применено принудительное воздушное охлаждение их внутренних частей: от центральной системы охлаждения управляемого объекта в случае авиационных и мобильных наземных БЭВМ либо с помощью встроенного вентилятора (космические БЭВМ) «Аргон-11С», «Аргон-12С» и «Аргон-16»). Ракетные машины «Аргон-11А» и «Аргон-14» помещены в герметизированный корпус, служащий радиатором для отвода тепла в окружающую среду. Устойчивость к ударным и вибрационным нагрузкам обеспечивается с помощью амортизаторов. В ряде случаев применялись специальные меры по дополнительному закреплению деталей. Для защиты от воздействия влаги детали и некоторые узлы покрывались влагостойкими лаками.

Для удовлетворения высоких требований к надежности функционирования БЭВМ был осуществлен целый комплекс проектных, организационных и производственно-технологических мероприятий (использование высоконадежных компонентов, введение в технологию изготовления электро- и термотренировок узлов, блоков и изделия в целом, строгое соблюдение стандартов, нормативов и порядка выполнения работ, создание специальной аппаратуры для технического контроля, анализа дефектов, сборов и отказов, сбор и обработка статистических данных о надежности и др.). Эффективность этих мер подтверждена всем опытом эксплуатации машин ряда «Аргон».

Тем не менее эти меры были недостаточны в случае чрезвычайно высоких требований к надежности особо сложных и ответственных ракетно-ко-

смических комплексов. БЭВМ, предназначенные для таких комплексов, несмотря на жесткие массо-габаритные ограничения, разрабатывались с применением резервирования.

Впервые резервирование аппаратуры использовано в БЭВМ «Аргон-11С» — первой отечественной машине космического назначения, осуществлявшей автоматическое управление полетом космического аппарата, совершившего облет Луны с возвращением спускаемого аппарата на Землю (программа «Зонд»). В ходе исследований, выполненных при проектировании этой машины, оптимальной структурой резервирования, обеспечивающей экономию машинных ресурсов и приемлемый уровень надежности, была признана троированная структура с голосованием по большинству (мажоритарное). «Аргон-11С» состоит из трех одинаковых функционально автономных параллельно работающих каналов с независимыми отдельными входами и выходами. Формирование информации, выдаваемой тремя каналами, осуществляется мажоритарными схемами системы управления. Для синхронизации работы каналы обмениваются между собой сигналами. Кроме того, для восстановления информации, искаженной в результате сбоев в каком-либо канале, предусмотрены связи для обмена информацией между каналами.

Эта структура получила дальнейшее развитие в бортовом вычислительном комплексе «Аргон-16». В отличие от «Аргон-11С» с резервированием на уровне машины в целом, в «Аргон-16» реализовано троирование основных блоков с использованием ограниченного числа мажоритарных схем. В каждый вычислительный канал этого комплекса введены блоки межканальных связей (БМС), позволяющие осуществлять обмен информацией между блоками каждого канала. БМС содержат интерфейсы командных и адресных магистралей, мажоритарные схемы, вентили, с помощью которых можно в случае необходимости блокировать мажоритарные схемы, и регистр управления. Введение БМС дает возможность осуществлять мажоритарное восстановление информации по блокам, что значительно повышает эффективность системы устранения сбоев, а также сокращает временную и структурную избыточность комплекса.

«Аргон-16» — уникальная разработка в мировой практике создания бортовых ЭВМ. За четверть века эксплуатации на космических кораблях «Союз», транспортных кораблях «Прогресс», орбитальных станциях «Салют», «Алмаз», «Мир», «Меч-К» не было отмечено ни одного отказа комплекса в составе системы управления. За это время было выпущено более 380 образцов — рекордный показатель для машин космического применения.

Высоконадежная троированная структура «Аргон-16» в модифицированном виде использована в БЭВМ «Аргон-17», предназначенной для применения в инерциальной системе управления ракетой комплекса

ПРО. В машине реализовано поразрядное мажоритирование информационных и управляющих магистралей, а также резервирование элементов сопряжения в процессоре обмена. Благодаря такой структуре она сохраняет работоспособность при появлении отказов в разноименных разрядах магистралей и связанных с ними цепях разных каналов. Отличительная особенность «Аргон-17» — высокая радиационная стойкость аппаратуры, гарантирующая выполнение задачи в условиях воздействия ядерного взрыва. Это важное качество достигается за счет введения в состав БЭВМ быстродействующего датчика импульсного излучения и специального блока «Рестартер», обеспечивающего прерывание вычислительного процесса при установленном уровне радиации с фиксацией содержимого основных регистров в ферритовой памяти со специальными характеристиками, и возобновление вычислительного процесса при выходе объекта из опасной зоны.

Для работы БЭВМ в составе системы управления необходимо специальное устройство сопряжения с абонентами системы. Состав устройств ввода-вывода бортовых машин значительно разнообразнее, чем у стационарных ЭВМ, а используемые ими сигналы имеют иную форму (аналоговые, импульсные различного вида, разовые и т. д.). Это требует создания специальных преобразователей информации.

Разработка устройства сопряжения с объектом для некоторых машин являлась одной из сложнейших проблем проектирования. Яркой иллюстрацией высоких требований к вводу-выводу служит система обмена комплекса «Аргон-16». В ее состав входят аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи, преобразователи код — интервал и код — импульс, блок релейных сигналов (72 входа, 65 выходов), блок приема и передачи последовательного кода, блоки сопряжения с НМЛ и принтером. Обмен можно вести одновременно с 41 абонентом на скорости до 80 кБ/с и подключать до 256 абонентов. Имеется система прерываний одного уровня от 16 источников с динамическим установлением приоритета.

Сложной системой обмена оснащены также БЭВМ «Аргон-12С», «Аргон-14» и «Аргон-17».

### **Машины второго этапа**

Работы первого этапа сыграли исключительно важную роль в развитии отечественной бортовой вычислительной техники. В его ходе были заложены основы проектирования БЭВМ, создана необходимая производственная и испытательная база, выбраны направления развития архитектуры, элементной базы, конструкции, технологии, программного обеспечения, схемотехники и системотехники БЭВМ, определившие на много лет вперед развитие не только машин ряда «Аргон», но и БЭВМ, разрабатываемых в других отраслях и организациях страны.

К середине 70-х годов перед создателями ЭВМ оборонного значения были поставлены качественно новые задачи. Возникла необходимость внедрения бортовых ЭВМ, показавших высокую эффективность при управлении техническими средствами, в автоматизированные системы управления войсками, авиационные комплексы радиолокационного дозора и наведения, системы управления воздушным движением в зоне крупных военно-морских объектов, авиационные ударно-разведывательные комплексы. По требуемым параметрам ЭВМ, предназначенные для работы в таких системах, близки к стационарным универсальным машинам (решают преимущественно расчетные и информационные задачи, должны иметь 32-разрядную сетку, высокую производительность, оперативную и внешнюю память большой емкости, оснащаться сложным программным обеспечением).

К этому времени резко расширился парк эксплуатируемых БЭВМ, значительно возросли трудоемкость и стоимость их разработки. Отечественными предприятиями было создано большое число машин, предназначенных, как правило, для одной конкретной системы. Незначительно отличаясь по функциональным возможностям, они имели оригинальные систему команд, структуру, конструктивные решения. По этой причине исключительную актуальность приобрела проблема унификации создаваемых моделей. Решение этой задачи стало возможным на пути перехода от отдельных моделей с несовместимыми системами команд к семействам машин единой архитектуры.

Базовой архитектурой нового поколения БЭВМ, предназначенных для решения расчетных и информационно-логических задач с большими объемами обрабатываемой и хранимой информации, была выбрана архитектура стационарных машин ЕС ЭВМ, которая к этому времени утвердилась в качестве магистрального направления развития отечественных ЭВМ общего назначения. Важное значение для построения ряда перспективных БЭВМ имели присущие ЕС ЭВМ мощная система программного обеспечения, универсальный набор команд, 32-разрядное слово, модульность, стандартизованные интерфейсы, мультисистемные свойства, наращиваемость функциональных возможностей. Совместимость с ЕС ЭВМ позволяла использовать готовые серийные стационарные машины в качестве промежуточного стендового варианта на весь период отработки системы управления и тем самым ускорить создание БЭВМ, их программного обеспечения и системы в целом.

Особого подхода потребовала унификация БЭВМ, используемых непосредственно для управления различными системами летательных аппаратов. Несмотря на значительный прогресс в области элементной базы, жесткие ограничения на габаритно-весовые характеристики машин этого класса по-прежнему требовали специализации системы команд к особен-

ностям системы управления. Решение этой проблемы было найдено благодаря оригинальной архитектуре «ПОИСК» (Проблемно-Ориентируемая с Изменяемой Системой Команд), позволяющей адаптировать набор команд к решаемым задачам путем расширения основного набора командами, свойственными конкретным задачам.

Архитектура «ПОИСК» включает в себя четыре группы команд: операторы ядра типа обычных команд, операторы более сложной структуры, специальные операторы (обмена, операционной системы) и операторы пользователя. Разрядность операторов переменная. В зависимости от области применения число операторов в системе команд колеблется от 157 до 256. Как показали исследования и опыт эксплуатации, БЭВМ архитектуры «Поиск» при одинаковой элементной базе превосходят обычные одноадресные архитектуры по производительности в 1,5—2,5 раза, а по компактности кода — в 3—5 раз.

На основе унифицированных архитектур в ходе работ второго этапа по созданию ряда «Аргон» (середина 1970-х — конец 1980-х годов) было предложено несколько моделей машин: А-30, А-40, А-50 (архитектура ЕС ЭВМ), Ц100, Ц101, Ц102 (архитектура «ПОИСК»). Данные машины проектировались в расчете на крупносерийное производство и широкое применение в вооруженных силах. В связи с этим первостепенное внимание уделялось снижению трудоемкости их изготовления и стоимости, обеспечению контроле- и ремонтпригодности и удобства эксплуатации, созданию моделей межвидового применения, устойчивых к внешним воздействиям применительно к нескольким группам эксплуатации оборонной техники.

Достижение этих целей потребовало перехода на новую конструктивно-технологическую базу. Основой для построения моделей второго этапа стали конструктивно-технологические и схемотехнические решения, принятые в ЕС ЭВМ.

Используемые в машинах первого этапа многослойные печатные платы послойного наращивания, несмотря на ряд важных для БЭВМ преимуществ, отличаются высокой стоимостью и большими затратами времени на их изготовление. Для печатных плат моделей второго этапа была принята базовая для ЕС ЭВМ технология металлизации сквозных отверстий, обеспечившая резкое сокращение цикла изготовления и автоматизацию технологических и контрольных операций в процессе производства по сравнению с методом послойного наращивания. При этом число слоев было увеличено до 10 против 5 в предшествующих разработках.

Вместо книжной конструкции, принятой в первых машинах ряда «Аргон», в моделях второго этапа используется модульное построение аппаратуры с несколькими иерархическими уровнями. Модулем следующего после многослойной печатной платы уровня является вдвоенная ячейка, со-

стоящая из двух плат, соединенных проводами или печатным шлейфом. Ячейки через разъемы соединяются с панелью и образуют конструктивно законченный блок. Впервые, начиная с модели А-30 и далее А-40 и А-50, при изготовлении блоков БЭВМ был применен метод накрутки, позволивший автоматизировать изготовление и контроль системы коммутации панели и оперативное внесение необходимых изменений. Использование в БЭВМ метода накрутки, стало возможным благодаря разработке специального термостойкого провода типа ФН.

Блоки устанавливаются в общий корпус (шкаф, стеллаж) и образуют модуль четвертого уровня, обеспечивающий электрические соединения между блоками проводным монтажом. При этом каждое из функционально законченных устройств имеет свое автономное электропитание. Такой модульно-функциональный принцип позволяет создавать модификации БЭВМ с разным количеством и составом устройств, различающиеся лишь рамой (шкафом, стеллажом), на которой монтируются устройства и размещается система связей между ними.

БЭВМ А-30 — первая модель из ряда унифицированных высокопроизводительных 32-разрядных бортовых ЭВМ архитектуры ЕС ЭВМ, предназначенных для обработки и хранения больших массивов информации. Она спроектирована на основе принятых в ЕС ЭВМ архитектуры, структурной организации, схемотехнических и конструктивно-технологических решений с учетом особых требований бортовых систем, прежде всего минимизации объема оборудования и повышения эффективности работы. А-30 полностью информационно и программно (снизу вверх) совместима с ЕС ЭВМ-1. В машине реализован стандартный набор команд ЕС ЭВМ за исключением команд десятичной арифметики и команд над операндами с плавающей запятой. Управление микропрограммное. Машина построена с максимальным использованием принципов модульности и стандартизации блоков, что позволяет гибко изменять вычислительные возможности. Для повышения быстродействия в ней реализовано трехуровневое совмещение операций. Система ввода-вывода включает два мультиплексных канала (специализированный и ЕС ЭВМ) и обеспечивает высокоскоростной обмен информацией с абонентами в реальном времени. Предусмотрена возможность создания многомашинных комплексов с помощью адаптеров канал-канал.

Быстродействие составляет 400 тыс. оп/с (формат RX), 600 тыс. оп/с (формат RR). Емкость ОЗУ 32 Кб, ПЗУ — 256 Кб. Пропускная способность канала ввода-вывода 500 Кб/с (монополюсный режим), 200 Кб/с (мультиплексный режим). Машина построена на специально разработанных многокристалльных БИС серии 216.

БЭВМ А-40 представляет собой среднюю модель ряда высокопроизводительных 32-разрядных бортовых ЭВМ архитектуры ЕС ЭВМ, являющуюся

юся дальнейшим развитием модели А-30. Основные усовершенствования: полное соответствие архитектурным концепциям ЕС ЭВМ-1, возможность подключения дополнительных каналов ввода-вывода, а также внешней памяти и устройств ввода-вывода ЕС ЭВМ. Управление микропрограммное. В процессоре реализована сложная структура, рассчитанная на совмещение во времени выполнения нескольких команд, близкая к структуре ЭВМ ЕС 1060.

Отличительная особенность машины — программная совместимость с ЭВМ «Ритм-20», достигнутая благодаря аппаратно-программной эмуляции команд «Ритм». Эмуляция всех логических команд и команд арифметики с фиксированной точкой осуществляется аппаратно. Эмуляция привилегированных команд и команд с плавающей запятой реализована программно.

Обмен информацией осуществляется интегрированным с процессором каналом ввода-вывода с мультиплексной памятью, размещенной в основной памяти, и буфером обмена в канале. Для А-40 разработан пульт контроля и управления, включающий имитатор интерфейса ввода-вывода. Имитатор обеспечивает возможность наладки и проверки канала ввода-вывода и создает режимы работы канала, невозможные в случае обычных устройств ввода-вывода.

Система команд включает полный набор ЕС ЭВМ-1 и 60 реализованных аппаратно команд ЭВМ «Ритм-20». Производительность 140 тыс. оп./с (смесь Гибсон 3Е), емкость ОЗУ 32 Кб, емкость ПЗУ 128 Кб. Пропускная способность канала ввода-вывода 650 Кб/с (монополюсный режим), 65 Кб/с (байт-мультиплексный режим). Машина построена на микросхемах средней степени интеграции серий 134, 136, 130, 133.

БЭВМ А-50 — старшая модель из ряда унифицированных высокопроизводительных 32-разрядных бортовых ЭВМ архитектуры ЕС ЭВМ. Она спроектирована на основе схемотехнических и конструктивно-технологических решений, реализованных в модели А-40. Вместе с тем применение более современной элементной базы позволило резко повысить производительность машины и объем ее оперативной памяти, увеличить число каналов ввода-вывода. В ней обеспечена возможность двухмашинной работы по прямому управлению. В состав машины введен пульт управления с реализацией последовательного интерфейса, процессор содержит кэш-память и микротестовую систему. Для нее разработаны кассетный накопитель на магнитной ленте и накопитель на цилиндрических магнитных доменах в исполнении для жестких условий эксплуатации и сервисная аппаратура, включающая пульт имитаторов абонентов и сервисную ЭВМ.

С целью повышения быстродействия процессора оптимизирована схемотехника блока команд, обеспечивающая коррекцию зависимых команд. Управление микропрограммное. Микропрограммные средства помимо

функциональных микропрограмм включают микротесты, предназначенные для поиска неисправностей с разрешающей способностью до единиц ячеек. В оперативной памяти и постоянной памяти микропрограмм реализован контроль с обнаружением двойных и коррекцией одиночных ошибок. Кэш-память имеет оригинальную структуру, включающую буфер команд и буфер данных. Структура каналов ввода-вывода обеспечивает минимальные затраты оборудования при сравнительно высокой пропускной способности. Взаимодействие каналов ввода-вывода организовано таким образом, что работа подсистемы ввода-вывода незначительно влияет на производительность процессора.

В машине реализован полный набор команд ЕС ЭВМ-1, дополненный командами вычисления синуса, косинуса и обратной величины числа. Производительность 540 тыс. оп./с (смесь Гибсон 3Е), емкость ОЗУ 16 Мб. Суммарная пропускная способность каналов ввода-вывода составляет 4 Мб/с (монопольный режим), 600 Кб/с (байт-мультиплексный режим). Машина построена на микросхемах средней степени интеграции серий 134, 136, 130, 133.

Важными новшествами, впервые реализованными в машинах А-30, А-40 и А-50, являются развитые средства комплексирования и межвидовое исполнение. Они могут использоваться как в качестве самостоятельного вычислителя, так и в качестве центрального звена одномашинных и многомашинных вычислительных комплексов с развитой системой внешних ЗУ и периферийного оборудования.

На базе БЭВМ А-30 создана четырехмашинная вычислительная система для авиационного комплекса радиолокационного дозора и наведения. В состав комплекса помимо четырех машин с адаптерами канал-канал, объединенных симметричной системой межмашинных связей, входят системный пульт прямого управления и внешний синхронизатор, служащий генератором меток для таймеров всех БЭВМ. Заданная производительность вычислительной системы обеспечивается благодаря распределению задач между отдельными машинами и распараллеливанию алгоритмов. При этом создается возможность резервирования отдельных устройств, что повышает надежность системы. Наличие адаптеров канал-канал позволяет одновременно обмениваться информацией любым двум парам БЭВМ, а в режиме разделения времени — всем четырем БЭВМ.

На основе БЭВМ А-40 был предложен мобильный (с работой на ходу) вычислительный комплекс «Бета-3М» на легком многоцелевом гусеничном бронированном шасси с универсальным кузовом (МТ-ЛБу) для АСУ войсками. Комплекс «Бета-3М» осуществляет в составе системы управления прием и выдачу информации, решает информационно-логические и расчетные задачи, хранит и выдает результаты решения задач как в автоматическом режиме, так и по запросу из различных звеньев системы управ-

вления, обеспечивает обмен информацией с другими вычислительными комплексами.

Для комплекса «Бета-3М» помимо А-40 был создан ряд внешних устройств:

— запоминающее устройство на магнитной ленте ЗУМЛ-75 (емкость 800 Кб);

— устройство оперативной памяти большой емкости на ферритовых сердечниках УОПБЕ (емкость 640 Кб);

— алфавитно-цифровое печатающее устройство (количество печатаемых символов 96, скорость печати 5 строк/с).

На базе БЭВМ А-50 разработано восемь модификаций одно- и двухмашинных бортовых вычислительных комплексов для приоритетных государственных программ. Они комплектуются широким набором устройств внешней памяти и средств комплексирования. Объединение машин в двухмашинных комплексах осуществляется с помощью адаптера межмашинного обмена (скорость передачи 1 Мб/с) и контроллера ввода-вывода с возможностью подключения 24 абонентов к каждому каналу. Для комплексов на базе А-50 создан ряд внешних устройств в исполнении для жестких условий эксплуатации:

— внешнее постоянное ЗУ с электрической перезаписью информации (емкость 2×512 Кб, скорость считывания 500 Кб/с);

— кассетный накопитель на магнитной ленте (емкость 4×2 Мб);

— накопитель на цилиндрических магнитных доменах (емкость 2×2 Мб).

Конструктивное исполнение БЭВМ А-30, А-40 и А-50 обеспечивает возможность их межвидового применения в составе объектов различных классов. Тем самым открывается возможность существенно расширить диапазон областей применения без увеличения числа моделей машин. Конструкция А-30, А-40 и А-50 рассчитана на эксплуатацию по группам ГОСТ В.20.304-76:

А-30—1.7; 3.3.1

А-40—1.7; 1.8;

А-50—1.7; 1.8; 3.1.1; 3.3.1

БЭВМ Ц100, Ц101, Ц102 с архитектурой «ПОИСК» разрабатывались с конца 70-х годов для удовлетворения потребностей отечественной истребительной авиации. Их система команд оптимизирована для решения задач управления вооружением на борту истребителей. Выбор соответствующей системы команд (операторов) проводился НИИ «Аргон» совместно с организациями—разработчиками бортовых радиоэлектронных систем.

БЭВМ Ц100, Ц101, Ц102 являются 16-разрядными, синхронными, многоадресными машинами параллельного действия. Структура машин магистрально-модульная с микропрограммным управлением. В их состав вхо-

дят центральный процессор, ОЗУ, ПЗУ и устройство ввода-вывода (УВВ). УВВ обеспечивает сопряжение с аппаратурой системы по каналам ГОСТ 18977—79 и ГОСТ 26765—87. Ц101 и Ц102 имеют двухшинную организацию. Один интерфейс является быстрым синхронным интерфейсом, другой — более медленным асинхронным внутренним магистральным интерфейсом. В Ц102 предусмотрена возможность создания двухмашинного комплекса в составе Ц101-Ц102 с управлением от Ц101 через адаптер межмашинной связи.

Машины выполняют операции над данными с фиксированной запятой. Производительность составляет 170 тыс. оп./с (Ц100), 400 тыс. оп./с (Ц101, Ц102); емкость ОЗУ 8 Кб (Ц100) и 16 Кб (Ц101, Ц102); емкость ПЗУ 136 Кб (Ц100) и до 384 Кб (Ц101, Ц102). Пропускная способность каналов ввода-вывода от 400 до 800 Кб/с. Машины собраны на микросхемах серий 106, 133 (Ц100) и 1802, 1804 (Ц101, Ц102).

БЭВМ Ц100, Ц101 и Ц102, сочетающие большие вычислительные возможности, компактность конструкции и высокую надежность, — одна из самых удачных разработок в классе авиационных машин. По масштабу производства (выпущено более 4 тыс. образцов) принадлежат к числу самых массовых в мировой практике авиационных БЭВМ.

### **Машины третьего этапа развития**

С середины 80-х годов осуществлялись работы третьего этапа БЭВМ ряда «Аргон». В 1886 г. была принята государственная программа проектирования унифицированных семейств бортовых ЭВМ (СБ ЭВМ) на основе архитектур ЕС ЭВМ, «Поиск» и СМ ЭВМ. В НИИ «Аргон» разрабатывались четыре модели СБ ЭВМ: совместимая с ЕС ЭВМ-2 машина СБ 1180, являвшаяся развитием ряда А-30, А-40, А-50; одноплатная встраиваемая модель СБ 5580 и четырехпроцессорный вычислительный комплекс СБ 5540 для авиационных и корабельных АСУ (архитектура «ПОИСК»); модель СБ 3580 для мобильных наземных систем (архитектура СМ ЭВМ). В этих моделях был реализован ряд интересных технических решений, но, к сожалению, они не были запущены в производство по причинам экономического характера.

Рассмотрим краткие описания моделей «Аргон».

#### **БЭВМ «Аргон-1»**

Бортовая ЦВМ «Аргон-1» была создана в 1969 г. С 1971 г. по 1980 г. изготавливалась на Астраханском машиностроительном заводе «Прогресс» и Фрунзенском заводе ЭВМ. Было изготовлено более 2000 машин.

Главные конструкторы: Соловьев С. П., Цаплин С. Н., Перешивкин А. А.

БЦВМ использовалась в автоматизированных системах управления войсками.

Машина одноадресная, параллельного действия, по структуре близкая к универсальной. Состоит из устройства обмена и вычислительного устройства, пульта управления, светового табло и блока питания. Ввод-вывод осуществляется автоматически через устройство ввода-вывода и вручную по командам оператора. Возможно подключение дополнительных блоков памяти.

Используются 24-разрядные числа с фиксированной точкой. Количество команд — 30. Время выполнения операций (мкс): сложения — 16, умножения — 128, деления — 224. Число индексных регистров — 1.

Объем ОЗУ — 512 слов с возможностью расширения до 1024 слов, Объем ДЗУ для программ и констант — два блока по 4096 слов с возможным расширением до 4×4096 слов, объем ДЗУ для сменных констант — 64 слова.

Число каналов прерывания — 4, входных преобразователей интервалкод — 2, выходных преобразователей код-интервал — 2, каналов разовых команд — 18.

Цифровая обменная магистраль состоит из 28 цифровых и 5 управляющих разрядов, контроль — тестовый, программный и аппаратный по модулю 3.

Машина построена на интегральных гибридных микросхемах «Тропа-1» и спецмодулях.

Машина выполнена в виде блока вычислительного устройства и блока устройства обмена, объединенных механически и электрически в единую конструкцию, и отдельных подключаемых кабелями блоков пульта управления, светового табло и источника питания. Платы блоков собраны в пакет книжной конструкции и связаны между собой монолитным резиновым «корешком» с гибкими проводами.

В блоках применяются унифицированные двусторонние печатные платы.

Программное обеспечение состоит из рабочих программ, набора стандартных программ и программ тестового контроля.

Технико-эксплуатационные характеристики: диапазон предельных температур — от минус 40 до плюс 50°C; влажность — до 98% при 35°C; атмосферное давление — до 200 мм рт.ст.; вибрационные нагрузки — до 5 g (от 1 до 300 Гц); ударные нагрузки — до 15 g (от 5 до 10 мкс); объем — 211 дм<sup>3</sup>.

Масса — 92 кг.

Потребляемая мощность — 350 ВА.

Надежность — наработка на отказ — 150 ч.

БЭВМ «Аргон-1» — первая бортовая ЦВМ для АСУ войсками, которая широко использовалась в качестве базовой модели в составе 70 оборонных объектов.

Основные разработчики: Бочкарев Л. И., Бугов М. Ш., Гринкевич В. А., Ефимов Н. Н., Зыков Н. А., Максаков Ю. Н., Ступакова Г. П., Терновский В. М., Тюрин А. Я.

## **БЦВМ «Аргон-10М» (А-10М)**

Электронная вычислительная машина «Аргон-10М» (А-10М) создана в 1969 г. С 1975 г. по 1982 г. изготавливалась на Астраханском машиностроительном заводе «Прогресс». Было изготовлено 20 машин.

Главный конструктор: Соловьев А. А.

ЭВМ «Аргон-10М» использовалась в первой отечественной автоматизированной системе управления воздушным движением в районе аэропортов (АС УВД «Старт»). Установлена в аэропортах ряда городов СССР.

Работа по созданию А-10М отмечена Государственной премией СССР в составе АС УВД «Старт» за 1979 г.

Машина одноадресная, синхронная, параллельного действия. Используются числа с фиксированной точкой.

Разрядность чисел — 16 разрядов (слово), 31 разряд (двойное слово); число команд — 32 (4 арифметических, 6 логических, 8 передач управления, 2 обмена, 6 специальных для программной реализации вычислений с удвоенной разрядностью); число индексных регистров — 1; число каналов по запросам прерывания — 3. Емкость оперативной памяти (ОЗУ) — 4096 слов ( $4 \times 1024$ ), емкость долговременной памяти для программ и констант (ДЗУ1) — 32768 слов ( $8 \times 4096$ ), емкость долговременной памяти для сменных констант (ДЗУ2) — 512 слов ( $4 \times 128$ ). Быстродействие: сложение — 6,67 мкс, умножение — 37 мкс.

Ввод-вывод информации — через устройство ввода-вывода (УВВ) по программе, по запросам прерывания, по сигналу «Требование обмена» с приостановом ЭВМ на время обмена.

Числовая обменная магистраль — 16 разрядов, адресная обменная магистраль — 12 разрядов, контроль — тестовый и схемный «чет-нечет».

Блок-схема машины приведена на **рис.3.1-1**

Центральный блок ЭВМ А-10М — блок вычислительного устройства (ВЧУ), содержит регистры команд, индексный, сумматор чисел и сумматор адреса, схемы управления вводом-выводом и работой запоминающих устройств.

В состав ЭВМ также входят пульт управления (ПУ), пульт записи сменной информации (ПЗИ) и блок электропитания (БП)

Машина построена на элементах транзисторной и диодно-транзисторной логики («Тропа 1», «Тропа 3», «Тропа 5»).

ЭВМ состоит из корпуса шкафа с дверцами, в которые установлены блоки ВЧУ (1 шт.), трансформаторное (на Е-образных сердечниках) ДЗУ1 (8 шт.), ОЗУ на ферритовых сердечниках (4 шт.), долговременное ЗУ с электрической перезаписью информации (ДЗУ2, 4 шт.). На верхней части корпуса шкафа установлены пульт контроля и управления и блок электропитания. Соединяются блоки между собой — жгутами специальной конструкции с помощью соединителей типа РС50. Конструкция всех блоков

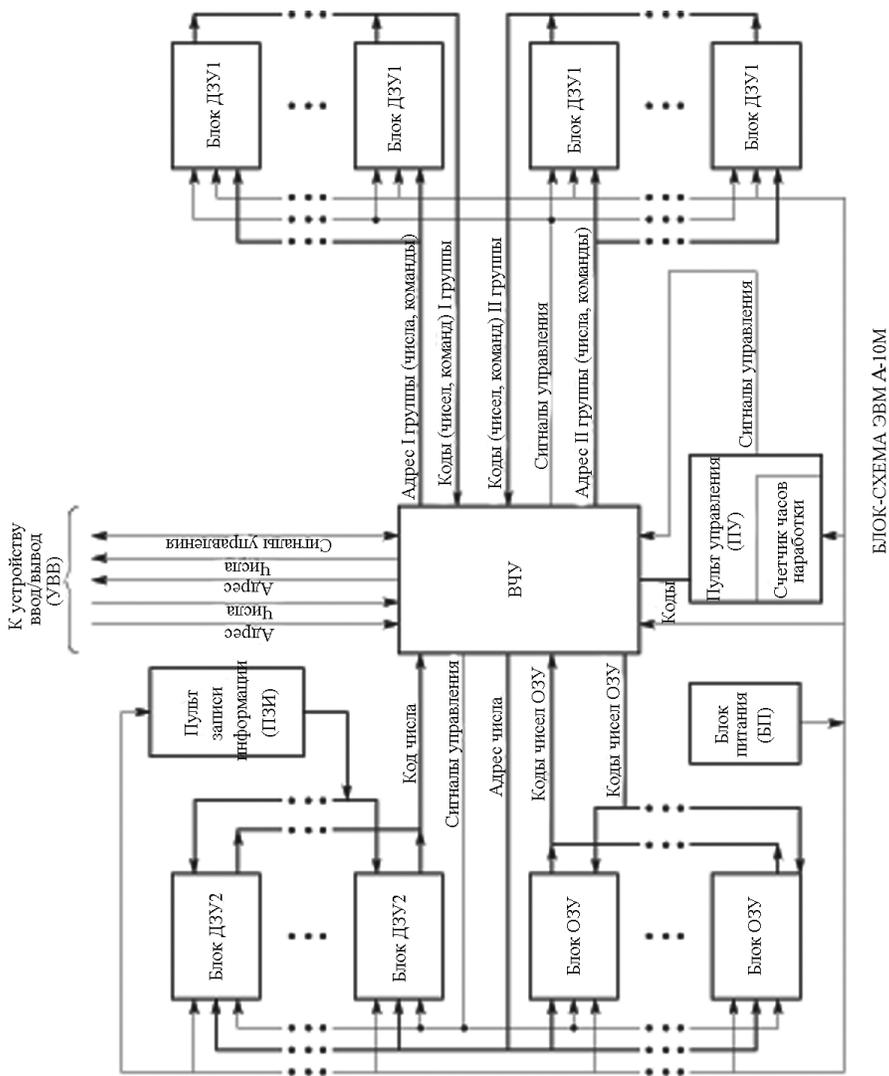


Рис. 3.1-1

(кроме блока питания) — книжная с применением специального «корешка» из шарнирно соединенных перфорированных планок с гибкими проводами. Пакет плат стягивается жесткими шпильками.

В машине применяется унифицированная многослойная печатная плата (УМПП), изготавливаемая методом попарного прессования. Габариты УМПП — 326×230×1,5 мм, шаг координатной сетки — 3 мм, диаметр ме-

галлизированного отверстия — 0,8 мм. Монтаж на УМПП — односторонний.

Программное обеспечение машины: система тестов для контроля работоспособности и поиска неисправностей в ЭВМ. Операционная система, разрабатываемая пользователем.

Технико-эксплуатационные характеристики: прочность при механических воздействиях (удары многократного действия) — 8g при длительности воздействия 5—10 мс; диапазон рабочих температур — от минус 10 до плюс 50° С, предельных температур — от минус 50 до плюс 65° С; пониженное давление — 460 мм рт. ст.; потребляемая мощность, Вт — 460; масса — 260 кг; надежность — наработка на отказ — 150 ч.

При создании А-10М особое внимание было уделено получению максимально возможного быстродействия схем с использованием интегральных гибридных микросхем с диодно-транзисторной логикой. Было применено оригинальное устройство синхронизации работы триггерных элементов, позволившее увеличить быстродействие ЭВМ в 1,3 раза по сравнению с известными устройствами синхронизации. В блоке электропитания применены импульсные (ключевые) стабилизаторы напряжения.

ЭВМ А-10М разработана с применением технической базы ЭВМ «Аргон-10», предназначенной для систем управления авиационно-ракетных комплексов.

Имеется авторское свидетельство.

Основные разработчики: Антонов В. И., Барашко В. С., Бочкарев Л. И., Ефимов Н. Н., Лемзаль Ю. Р., Терновский В. М., Тюрин А. Я.

### **«Аргон-11с»**

Бортовая ЦВМ «Аргон-11с» создана в 1968 г. и изготовлена в количестве 21 образца на опытном производстве НИЭМ. Рис. 3.1-2.

Главные конструкторы: Прокудаев Г. М., Соловьев Н. Н.

Машина использовалась в системе управления космическим аппаратом «Зонд».

БЦВМ «Аргон-11с» одноадресная, параллельного действия. Структура и архитектура машины имеет минимально необходимый набор команд. Состоит из трех функционально автономных вычислительных устройств с независимыми входами и выходами, связанных между собой каналами для обмена информацией и синхронизации. Работа выполняется в реальном времени.

Ввод-вывод информации осуществляется программно.

Используются числа с фиксированной точкой (14 разрядов для чисел, разрядность команд — 17 разрядов. Число команд — 15).

Время выполнения операций (мкс): сложения — 30, умножения — 160.

Емкость ОЗУ — 128 14-разрядных слов, ДЗУ — 4096 17-разрядных слов.



*Рис. 3.1-2. БЭВМ «Аргон 11С».*

Число регистровых одноканальных входов для каждого канала — 25; счетных, информационных входов с емкостью 64 сигнала — 3; регистровых одноканальных выходов — 40.

Контроль — программный и тестовый.

В машине применяются интегральные гибридные микросхемы «Тропа-1».

Машина выполнена в виде двух блоков, объединенных в единую конструкцию, — блока трехканального устройства обмена и вычислений с тремя ОЗУ и блока трехканального долговременного ЗУ. Печатные платы блоков собраны в пакет книжной конструкции и связаны между собой «корешком» из шарнирно-соединенных перфорированных пленок с гибкими проводами. Охлаждение осуществляется путем отвода тепла на корпус и с помощью встроенных вентиляторов.

В блоках применяются унифицированные двусторонние печатные платы.

Программное обеспечение включает набор стандартных программ, рабочие программы, программу контрольной задачи для испытаний опытных образцов.

Технико-эксплуатационные характеристики машины: диапазон рабочих температур — от 0 до плюс 40° С; давление внешней среды — от 400 до 1000 мм рт. ст. вибрационные нагрузки — до 10 г (от 1 до 2500 Гц); габариты — 305×305×550 мм; масса — 34 кг.

Потребляемая мощность — 75 Вт.

Время непрерывной работы — 2 ч 40 мин.

Надежность — вероятность отсутствия отказов в двух каналах в течение 8 сут составляет 0,999.

Особенности: одна из первых отечественных бортовых ЭВМ с троированием аппаратуры, впервые эта ЭВМ осуществляла автоматическое управление полетом космического аппарата, совершившего облет Луны с возвращением спускаемого аппарата на Землю (программа «Зонд»).

Основные разработчики: Горшенин Ю. С., Анилов В. М., Бочкарев Л. И., Еремин А. Т., Максаков Ю. Н., Лемзаль Ю. Р., Сальман А. С., Терновский В. М.

### **БВК Аргон-12А**

Бортовой вычислительный комплекс «Аргон-12А» был разработан в НИЭМе в 1968 году.

Главный конструктор комплекса — Черкесов В. Г., заместители главного конструктора — Татаровский С. Т. и Курахтанов Н. М. Основными разработчиками были Тюрин А. Я., Жебровский В. М., Бондарев А. С., Кирюшина В. Л.

В 1969-1973 гг. опытным производством НИЭМ, а затем НИЦЭВТа изготовлены 15 образцов «Аргон-12А».

Вычислительный комплекс «Аргон-12А» предназначался для орбитальных пилотируемых станций ракетно-космического комплекса «Алмаз», создаваемого в НПО «Машиностроение». Он использовался в системе управления станцией и выполнял следующие функции:

- управление телеметрическим оборудованием;
- управление специальным фотографическим оборудованием;
- управление радиоизмерительной системой;
- управление гироскопами;
- расчет траектории полета станции.

— прием, хранение и исполнение программы полета. Вычислительный комплекс «Аргон-12А» состоял из двух вычислительных

каналов, работавших на одно общее устройство сопряжения с управляемой аппаратурой. Каждый канал состоял из вычислительной части и блока дежурного режима, хранившего необходимую информацию в то время, когда вычислительная часть находилась в выключенном состоянии. Работал всегда только один канал, второй находился в холодном резерве. Вычислительная часть представляла собой ЭВМ «Аргон-11А», разработанную несколько ранее для работы в баллистических ракетах. Это одноадресная ЭВМ, оперировавшая с 24 разрядными словами с фиксированной перед старшим разрядом запятой. Обработка слов — параллельная. Количество команд — 43. Быстродействие ЭВМ — 70 тыс. коротких операций в сек. Машина имела оперативное ЗУ емкостью 512 слов и два долговременных ЗУ — одно для программ, другое для констант, по 4096 слов каж-

дое. Блок дежурного режима содержал оперативное ЗУ емкостью 512 слов и 17 разрядный счетчик, работавший от временных меток системы управления станцией. Этим счетчиком задавался режим работы (включение и выключение) вычислительной части и оборудования станции.

В качестве элементной базы использованы интегральные гибридные микросхемы «Тропа-1»

Машина выполнена в виде трех блоков, механически и электрически объединенных в единую конструкцию, — двух вычислительных каналов и блока сопряжения. Печатные платы блоков собраны в пакеты книжной конструкции и связаны между собой монолитным резиновым «корешком» с гибкими проводами. Используются унифицированные двухслойные и четырехслойные печатные платы, изготовленные методом попарного прессования.

Программное обеспечение состояло из стандартных программ, программы тестового контроля. Прикладные программы разработаны специалистами НПО «Машиностроение».

Комплекс «Аргон-12А» был разработан для работы в условиях невесомости в диапазоне рабочих температур — от 0 до 40 С, Давлении внешней среды — 760 мм рт.ст., вибрационных нагрузках до 12 g (от 1 до 2000 Гц), ударных нагрузках — до 6 g (кратковременные удары).

Объем комплекса составлял 240 дм<sup>3</sup>, масса — 131 кг, потребляемая мощность — 160 вт, в дежурном режиме — 25 вт.

Общий ресурс — более 2000 часов.

По массо-габаритным характеристикам и энергопотреблению

БВК «Аргон-12А» относился к числу лучших бортовых ЭВМ космического применения своего времени.

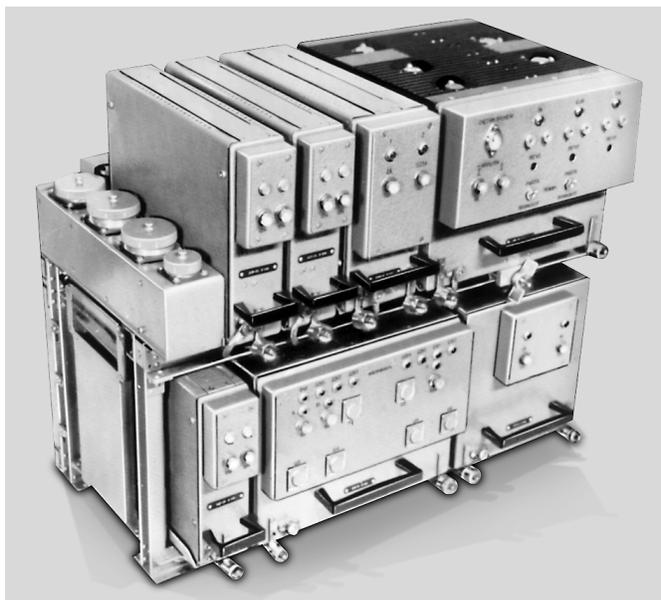
### **БЦВМ А-12с**

Бортовая ЭВМ «Аргон-12с» создана в 1968 г. на опытном производстве НИЭМ. Рис. 3.1-3.

Главный конструктор: к.т.н. Еремин А. Т. Основные разработчики: Монахов Г. Д., Анилов В. М., Румянцев В. И., Цыпленков Ф. Н., Тюрин Я. Я., Захарова Т. Н., Власов Ф. С.

Машина использовалась в системе управления возвращаемого аппарата ракетно-космического комплекса «Алмаз».

Машина одноадресная параллельного действия. Структура и архитектура специализированные, с минимально необходимым набором команд. Работа осуществляется в реальном масштабе времени. Ввод-вывод информации выполняется программно или по прерыванию.



*Рис. 3.1-3. «БЭВМ Аргон 12С».*

Числа используются с фиксированной точкой и имеют 16 разрядов для чисел и команд, количество команд — 15.

В машине применяются прямая и косвенная адресация. Время выполнения операций: сложения — 15 мкс, умножения — 170 мкс.

Емкость ОЗУ — 128 17-разрядных слов, емкость ДЗУ — 4096 17-разрядных слов.

В машине применяется система прерывания по 4 данным. Контроль — программный, тестовый, аппаратный

В машине используются гибридные микросхемы «Тропа-1».

Машина выполнена в виде трех блоков, механически и электрически объединенных в единую конструкцию — блок устройства обмена и вычисления, блок долговременного ЗУ и релейный блок. Печатные платы блоков собраны в пакет книжной конструкции и связаны между собой монолитным резиновым «корешком» с гибкими проводами. Охлаждение производится отводом тепла на корпус и с помощью встроенного вентилятора.

В блоках применяются унифицированные многослойные печатные платы попарного прессования.

Программное обеспечение состоит из стандартных программ и тестовых программ.

Технико-эксплуатационные характеристики: машина нормально функционирует в условиях невесомости, радиации 0,06 рентген/сут, азотно-ки-

слородной среды (до 40% кислорода) в диапазоне рабочих температур — от 0 до плюс 40° С, давления — 760 мм рт. ст. вибрационных нагрузок — до 12g (от 1 до 2000 Гц), ударные нагрузки — до 6g.

Габаритные размеры — 366×366×272 мм, масса — 20 кг.

Потребляемая мощность — 36 Вт. Надежность — наработка на отказ — 300 ч.

### **БЦВМ «Аргон-15»**

Бортовая ЭВМ «Аргон-15» создана в 1972 г. Изготавливалась с 1974 по 1982 г. на Кишиневском заводе ЭВМ им. 50-летия СССР. Изготовлено более 500 машин.

Главные конструкторы: Соловьев С. П., Перешивкин А. А.

ЭВМ «Аргон-15» использовалась в авиационных и наземных мобильных системах управления оборонными объектами.

ЭВМ одноадресная, параллельного действия. Архитектура и структура специализированные, оптимизированные для решения задач управления. Система команд включает команды вычислений синуса, косинуса и квадратного корня. Обмен информацией с внешними абонентами осуществляется каналами ввода-вывода.

Используются числа с фиксированной точкой.

Количество разрядов в числе — 16 (слово) и 32 (двойное слово), в команде — 19.

Число команд — 71.

Время выполнения операций (мкс): сложения — 5, вычисления синуса, косинуса, квадратного корня — от 16 до 30.

Объем ОЗУ — 4 Кб, ДЗУ — 64 Кб, ДЗУ со сменой информации — 256 байт.

Система прерываний — предусмотрено 4 уровня. Число каналов ввода-вывода — 2.

Скорость обмена (кб/с): ввод — 200, вывод — 400.

Машина построена с применением интегральных микросхем серии 133.

Машина выполнена в виде блока вычислительного устройства, двух блоков ОЗУ, четырех блоков ДЗУ, блока ДЗУ со сменой информации и блока источника питания, объединенных механически с помощью каркаса и жгутами в единую конструкцию.

Платы блоков (кроме источника питания) собраны в пакет книжной конструкции и связаны между собой монолитным резиновым «корешком» с гибкими проводами.

Многослойные печатные платы используют технологию послойного наращивания и поверхностный монтаж микросхем.

Для охлаждения применяется принудительная вентиляция.

Программное обеспечение состоит из набора стандартных программ; автоматизированной системы программирования АСП-15, включающей автокод с описанием и инструкцией; программ тестового контроля.

Технико-эксплуатационные характеристики: группа эксплуатации 3.4 по ГОСТ В20.36.304, 305, 306.

Объем — 120 дм<sup>3</sup>.

Масса — 60 кг.

Потребляемая мощность — 250 Вт.

Надежность — наработка на отказ — 500 ч.

ЭВМ «Аргон-15» является базовой бортовой ЭВМ, отвечающей требованиям военных стандартов для авиационных и мобильных наземных объектов. В ней применены высоконадежные печатные платы послойного наращивания.

Основные разработчики: Савина А. И., Антонов В. И., Ефимов Н. Н., Клейман Ю. Х., Криксин А. А., Лемзаль Ю. Р., Тюрин А. Я., Чурилин В. В.

### **БЦВМ «Аргон-16»**

Бортовой цифровой вычислительный комплекс (А-16) «Аргон-16» создан в 1973 г. Изготавливается с 1974 г. по настоящее время Московским заводом САМ им. В. Д. Калмыкова. Изготовлено 380 машин.

Главные конструкторы: к.т.н. Соловьев Н. Н., к.т.н. Еремин А. Т., к.т.н. Монахов Г. Д.

Машина «Аргон-16» используется в системах управления космических кораблей «Союз», «Прогресс» и орбитальных станций «Салют», «Мир», «Алмаз».

«Аргон-16» представляет собой троированный синхронный вычислительный комплекс с восстанавливающими мажоритарными органами, осуществляющими выборку 2 из 3. Мажоритирование поблочное, восьмиуровневое. Связи вычислительных машин с абонентами троируются или дублируются. Комплекс состоит из трех вычислительных машин с каналами обмена и комплекта устройств сопряжения с системой управления. Система команд специализирована для решения задач управления. Операции ввода-вывода совмещены с процессом вычислений.

Используются числа с фиксированной точкой, имеющие 16 разрядов, 32 разряда (двойное слово); команда состоит из 16 разрядов, число команд — 32.

Время выполнения операций (мкс): сложения — 5, умножения 45.

Объем ОЗУ — 3×2 Кб, ДЗУ — 3×16 Кб.

Система прерывания — одного уровня от 16 источников. Число мультиплексных каналов ввода-вывода — 1×3. Скорость обмена — до 80 тыс. Кб/с.

Состав устройств ввода-вывода: аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь, преобразователи код — интервал, код — импульс, блок релейных сигналов (72 входа, 65 выходов), блок при-

ема и передачи последовательного кода, блок сопряжения с НМЛ, блок сопряжения с устройством печати.

Машина построена с использованием интегральных схем серий 106, 115, 134.

Комплекс выполнен в виде блока вычислений и обмена, блока ОЗУ, трех блоков ДЗУ и блока устройства сопряжения с объектом, объединенных механически и электрически в единую конструкцию. Платы блоков собраны в пакет книжной конструкции и связаны между собой монолитным резиновым «корешком» с гибкими проводами. Для охлаждения используется принудительная вентиляция.

Многослойные печатные платы используют технологию послойного наращивания и поверхностный монтаж микросхем.

Программное обеспечение состоит из набора стандартных программ, специальных подпрограмм; автоматизированной системы программирования, включающей автокод с транслятором (на базе ЭВМ М-220), автоматизированной системы отладки программ на базе ЭВМ М-222, программ тестового контроля.

Технико-эксплуатационные характеристики: группы эксплуатации 5.2 и 5.4 по ГОСТ В20.36.304, 305, 306.

Диапазон рабочих температур — от 0 до плюс 40° С.

Объем — 145 куб. дм. Масса — 70 кг.

Потребляемая мощность — 280 Вт. Надежность — наработка на отказ — 10 тыс. ч.

Главной особенностью БЦВМ является исключительно высокая надежность, достигнутая благодаря схемно-техническим (троированная синхронная структура с аппаратными средствами мажоритирования) и конструктивно-технологическим решениям (печатные платы, изготавливаемые методом послойного наращивания). За 33 года эксплуатации не было отмечено ни одного отказа комплекса в составе системы управления. По объему выпуска не имеет равных среди машин космического применения.

Основные разработчики: Власов Ф. С., Румянцев В.И., Левшин В.И., Юргаев Б.И., Клейман Ю.Х. и др.

Решением Экспертного совета при Политехническом музее г.Москвы от имени Ассоциации научно-технических музеев (Протокол №15 Заседания Экспертного совета от 20.11.2006 г.) комплекс цифровой вычислительной «Аргон-16» признан памятником науки и техники первой категории.

### **БЦВМ «Аргон-17»**

Бортовая ЦВМ «Аргон-17» создана в 1976 г. Изготавливалась с 1978 г. по 1991 г. на Кишиневском заводе ЭВМ им.50-летия СССР. Рис. 3.1-4.

Главный конструктор: Черкесов В. Г.

ЭВМ «Аргон-17» использовалась в инерциальной системе управления ракетой комплекса ПРО.

«Аргон-17» представляет собой трехканальный синхронный резервированный вычислительный комплекс с мажоритарными органами, осуществляющими выборку 2 из 3. Реализовано поразрядное мажоритирование информационных и управляющих магистралей и резервирование элементов сопряжения в процессоре обмена. Благодаря такой структуре машина сохраняет работоспособность при появлении отказов в разноименных разрядах магистралей и связанных с ними цепях разных каналов.

В машине реализована разработанная в НИИ «Аргон» оригинальная архитектура «ПОИСК» (проблемно-ориентируемая с изменяемой системой команд), позволяющая адаптировать набор команд к задачам управляющей системы путем добавления к постоянной части команд микрокоманд, свойственных конкретной системе. В состав машины входят трехканальное устройство вычислений и обмена, ОЗУ, ПЗУ программ, ПЗУ микропрограмм и источник питания.

Используются числа с фиксированной точкой, слово состоит из 16 разрядов, и двойное слово 32 разряда. Предусмотрена работа с битами, байтами.

Система команд состоит из операторов общего назначения, специальных операторов, операторов стандартных процедур. Число команд — 132. Время выполнения сложения — 2 мкс.

Объем ОЗУ — 4 Кб, ПЗУ программ — 32 Кб, ПЗУ микропрограмм — 24 Кб.

Число обменных магистралей — 8. Скорость обмена — до 160 Кб/с.

ЦВМ построена с использованием микропроцессорной БИС серии 583 и ИС серий 106, 134, 530, 533.

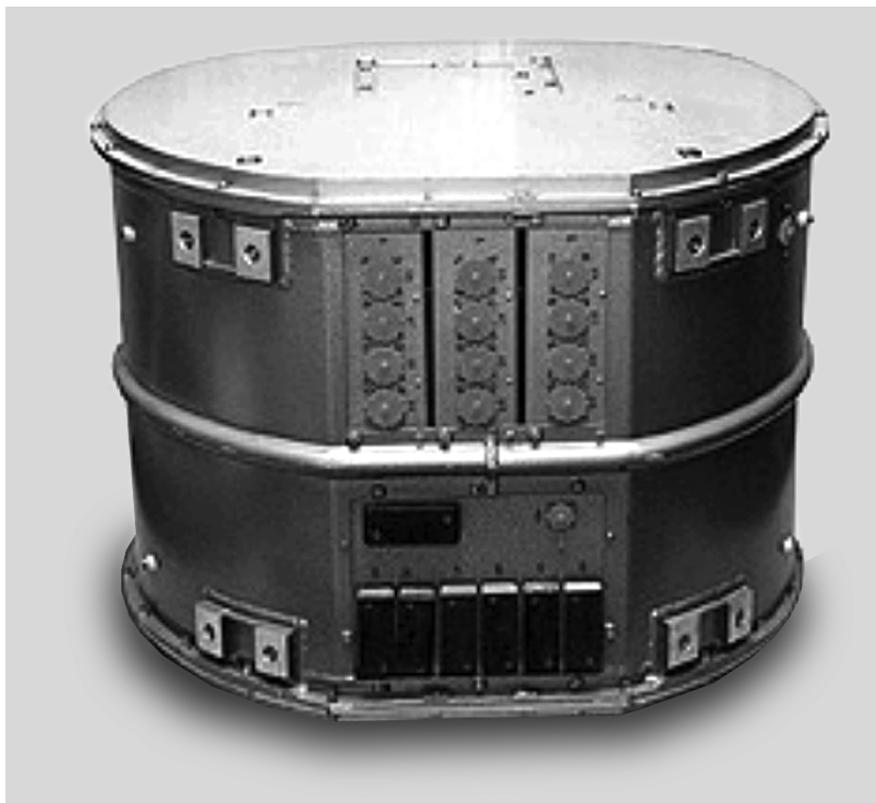
Конструкция машины выполнена в виде скомпонованных в одном корпусе блока трехканального устройства вычислений и обмена, трех блоков ОЗУ, трех блоков ПЗУ программ, трех блоков ПЗУ микропрограмм и трех блоков электропитания. Электрические связи между блоками осуществляются жгутами с соединителями типа МР1 и РС.

Платы блоков, кроме блока электропитания, собраны в пакет книжной конструкции и связаны между собой монолитным резиновым «корешком» с гибкими проводами. Используются унифицированные многослойные печатные платы попарного прессования с поверхностным монтажом микросхем.

Программное обеспечение включает набор стандартных программ, специальные подпрограммы, автоматизированную систему программирования ЯСКО, программы тестового контроля.

Технико-эксплуатационные характеристики: группа эксплуатации — 4.4 по ГОСТ В20.36.304, 305, 306.

Объем — 70 дм<sup>3</sup>.



*Рис. 3.1-4 БЭВМ Аргон-17.*

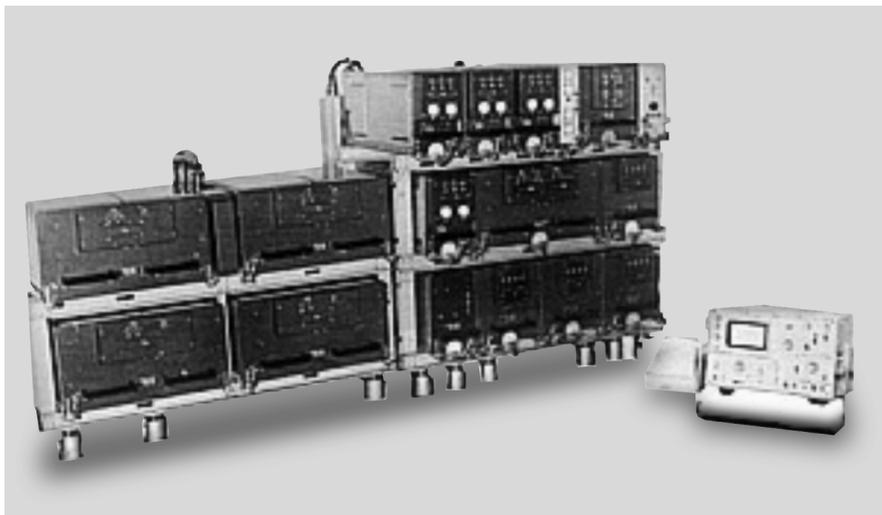
Масса — 30 кг.

Потребляемая мощность — 100 Вт.

Надежность — коэффициент готовности — 0,92, коэффициент работы — 0,998.

Высокая надежность достигнута благодаря троированной синхронной структуре с аппаратурным мажоритированием. Специальные конструктивно-технологические решения обеспечивают работу машины с момента старта. Особенностью машины является высокая радиационная стойкость аппаратуры, гарантирующая выполнение задачи в условиях воздействия ядерного взрыва.

Основные разработчики: Борисов М. С., Алексеев В. И., Богачев А. Ф., Курахтанов Н. М., Тюрин А. Я., Фельдшеров А. И., Чурилин В. В., Щит Н. М., Юргаев Б. И.



*Рис. 3.1-5 БЭВМ Аргон-30.*

### **БЦВМ А-30**

Бортовая ЦВМ А-30 создана в 1977 г., изготавливается Московским заводом САМ, Брестским электромеханическим заводом. Рис. 3.1-5.

Главные конструкторы — Карасик В. М., Штейнберг В. И.

ЦВМ А-30 используется в автоматизированных системах управления оборонными объектами.

Машина является первой моделью из ряда унифицированных высокопроизводительных 32-разрядных бортовых ЦВМ архитектуры ЕС ЭВМ, предназначенных для обработки и хранения больших массивов информации. Спроектирована она на основе принятых в ЕС ЭВМ архитектуры, структурной организации, схемотехнических и конструктивно-технологических решений с учетом особых требований бортовых систем, в части минимизации объема оборудования. А-30 полностью информационно и программно (снизу вверх) совместима с ЕС ЭВМ-1. Управление микропрограммное. Машина построена с широким использованием принципов модульности и стандартизации блоков, что позволяет гибко изменять вычислительные возможности. Для повышения быстродействия в ней реализовано трехуровневое совмещение операций. Система ввода-вывода включает два мультиплексных канала (специализированный и ЕС ЭВМ) это обеспечивает высокоскоростной обмен информацией с абонентами в реальном времени. Предусмотрена возможность создания многомашинных комплексов с помощью адаптеров канал — канал.

Система команд — стандартный набор ЕС ЭВМ-1 за исключением команд десятичной арифметики и команд над операндами с плавающей точкой. Типы данных — байт, слово (16 разрядов), двойное слово (32 разряда).

Разрядность команд — 16 и 32 разряда. Адресация памяти — побайтовая. Объем адресуемой памяти — 64 К слов.

Информация между блоками передается по двум магистралям, двумя байтами.

Быстродействие — 400 тыс. оп./с (формат RX), 600 тыс. оп./с (формат RR). ОЗУ — выполнено на ферритовых матрицах ПБМ/0,8—2, емкость 32 Кб. ПЗУ — выполнено на П-образных ферритовых сердечниках, емкость 256 Кб. ПЗУ со сменой информации — выполнено на числовых ферритовых линейках, емкость 1 Кб.

Имеется специализированный мультиплексный канал (СМК). Система связи — полусинхронная. Пропускная способность: мультиплексный режим — 200 Кб/с, монопольный режим — 500 Кб/с.

Мультиплексный канал ЕС ЭВМ — полностью совместим с программным обеспечением и стандартным интерфейсом ВВ ЕС ЭВМ.

В машине имеется 127 подканалов.

Скорость обмена в мультиплексном режиме — 30 Кб/с, в монопольном режиме — 250 Кб/с. В системе предусматривалось создание четырехмашинных и двухмашинных комплексов с межмашинным обменом через 4 адаптера канал—канал.

Способ обмена — через СМК с приостановом обмена с другими абонентами.

Переключение режима обмена — программное.

Скорость обмена — 400 Кб/с.

ЦВМ построена с использованием специально разработанных многокристалльных БИС серии 216. В А30 использовано 10 типов БИС — семь типов регулярных схем и три типа нерегулярных.

Конструкция машины модульная, с тремя иерархическими уровнями (ячейка — блок — шкаф). Ячейки А-30 выполнены на многослойной печатной плате размером 140×150 мм со 135-контактным соединителем типа СНП-34. Ячейки скомпонованы в функционально и конструктивно законченные блок ячеек А-30 и связываются между собой с помощью двусторонней печатной коммутационной платы с монтажом, выполняемым методом накрутки. Блоки механически крепятся на монтажной раме и электрически соединяются проводным монтажом. Конструкция блоков и монтажной рамы выполнена на основе базовых несущих конструкций по ГОСТ 23701—79. Блоки центрального процессора, ОЗУ, ПЗУ и электропитания скомпонованы в один стеллаж. Отдельный стеллаж составляют блоки устройства ввода-вывода. Многослойные печатные платы изготовлены мето-

дом металлизации сквозных отверстий, с числом коммутационных слоев — до 10, являющемся базовым для ЕС ЭВМ. В качестве металлорезиста применено покрытие на основе сплава олово — свинец вместо серебра.

Программное обеспечение включает ОС реального времени собственной разработки, автоматизированную систему программирования на базе ЕС ЭВМ, состоящую из ассемблера ЕС ЭВМ, автоматизированной системы отладки программ на базе ЕС ЭВМ, программ тестового контроля.

Технико-эксплуатационные характеристики соответствуют группам эксплуатации — 3.1.1 и 1.7 по ГОСТ В 20.39.304.

Габаритно-массовые показатели: процессор — 835×810×590 мм, УВВ — 900×570×492 мм. Процессор — 150 кг, УВВ — 80 кг. Потребляемая мощность — 1,2 кВт.

Надежность — наработка на отказ — 500 ч.

Это первая отечественная бортовая ЦВМ архитектуры ЕС ЭВМ, приближающаяся по своим возможностям к универсальным стационарным ЭВМ, в которой предусмотрена возможность создания многомашинных комплексов.

На БЦВМ имеются патенты и авторские свидетельства пат. РФ 746730, 760421, 873804, 940151, 1160536.

Основные разработчики — Агуреева М. М., Алексеев В. И., Воробьев В. С., Гринкевич В. А., Кац М. Ф., Кейлин А. К., Клейман Ю. Х., Лемзаль Ю. Р., Осокин П. И., Попов С. О., Тюрин А. Я., Шохат В. С.

### **БЦВМ А-40**

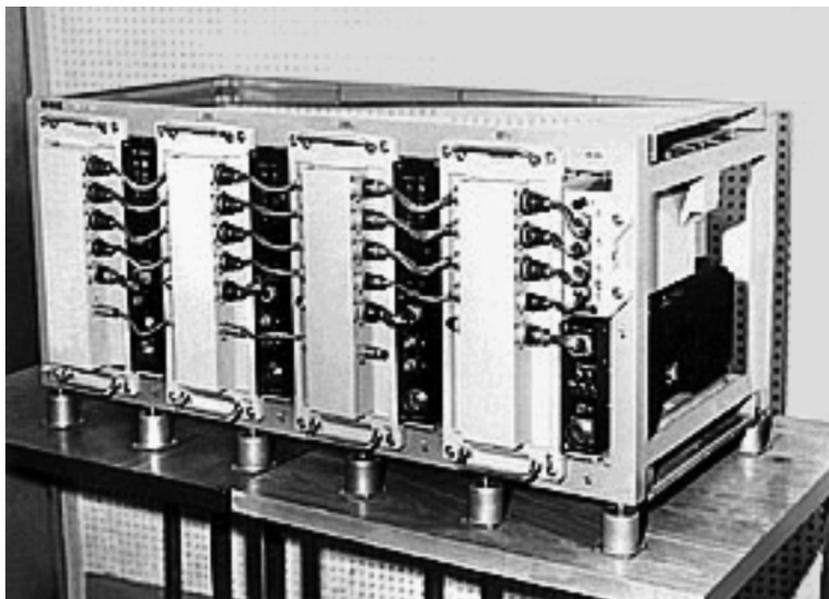
Бортовая ЦВМ А-40 создана в 1978 г. Изготавливается с 1980 г. по настоящее время Астраханским заводом «Прогресс». Изготовлено более 200 машин. Рис. 3.1-6.

Главные конструкторы — Пронин Е. Г., Штейнберг В. И.

БЦВМ А-40 использовалась в автоматизированных системах управления оборонными объектами.

А-40 представляет собой среднюю модель ряда высокопроизводительных 32-разрядных бортовых ЭВМ архитектуры ЕС ЭВМ, являющуюся дальнейшим развитием модели А-30. Основные усовершенствования: полное соответствие архитектурным концепциям ЕС ЭВМ, с полным набором команд ЕС ЭВМ-1, возможность подключения дополнительных каналов ввода-вывода, а также внешней памяти и устройств ввода-вывода ЕС ЭВМ. Управление микропрограммное. В процессоре А-40 реализована сложная структура, рассчитанная на совмещение во времени выполнения нескольких команд, близкая к структуре ЭВМ ЕС 1060.

Отличительная особенность машины — программная совместимость с ЦВМ «Ритм-20», достигнутая благодаря аппаратно-программной эмуля-



*Рис. 3.1-6. БЭМВ Аргон-40.*

ции команд «Ритм». Эмуляция всех непривилегированных логических команд и команд арифметики с фиксированной точкой осуществляется аппаратно. Эмуляция привилегированных команд и команд с плавающей точкой реализована программно. 60 команд ЦВМ «Ритм-20» и 2 команды перехода из режима ЕС в «Ритм» и обратно реализованы аппаратно.

Обмен информацией осуществляется интегрированным в процессор каналом ввода-вывода с мультиплексной памятью, размещенной в основной памяти, и буфером обмена в канале. Для А-40 разработан пульт контроля и управления, включающий имитатор интерфейса ввода-вывода. Имитатор обеспечивает возможность наладки и проверки канала ввода-вывода и создает режимы работы канала, невозможные при работе с обычными устройствами ввода-вывода.

Типы данных — байт, слово (16 разрядов), двойное слово (32 разряда). Пятиуровневая система прерывания, идентичная принятой в ЕС ЭВМ. Быстродействие — 500 тыс. оп./с (формат RX).

Производительность — 140 тыс. оп./с (смесь Гибсон 3Е).

ОЗУ — выполнено на ферритовых сердечниках, возможна работа с двукратным расслоением, емкость — 32 Кб, цикл обращения — 2 мкс, время выборки — 1 мкс.

ПЗУ — выполнено на ферритовых сердечниках емкость — 128 Кб, цикл обращения — 2 мкс, время выборки — 1 мкс.

ПЗУ микропрограмм — выполнено на ферритовых сердечниках, емкость — 4096 72-разрядных слов, цикл обращения — 1 мкс, время выборки — 0,5 мкс.

Число каналов ввода-вывода — 1. Пропускная способность канала ввода-вывода в монопольном режиме — 650 Кбайт/с, байт-мультиплексном режиме — 65 Кбайт/сек.

Количество внешних абонентов — до 127.

Машина построена на микросхемах среднего уровня интеграции серий 134, 136, 130, 133.

Конструкция машины модульная, с тремя иерархическими уровнями (ячейка — блок — стеллаж). Ячейка состоит из двух многослойных печатных плат, соединенных проводами или печатными шлейфами, с соединителем типа СНП-34 со 135 контактами. Ячейки скомпонованы в функционально и конструктивно законченный блок и связываются между собой системой специальных колодок, которые служат для закрепления вилок соединителей на раме и обеспечивают через систему шин организацию нулевой и 5 В цепей. Коммутация ячеек выполнена накруткой. Блоки механически крепятся на раме и электрически соединяются проводным монтажом. Конструкция блоков и корпусов машины оригинальная с повышенной плотностью компоновки за счет двухплатных ячеек. Охлаждение принудительное воздушное. Многослойные печатные платы изготовлены методом металлизации сквозных отверстий с числом коммутационных слоев — до 10.

Программное обеспечение включает ОС собственной разработки, программы контроля и диагностики, вспомогательные программы для отладки ОС, пакеты прикладных программ.

Технико-эксплуатационные характеристики соответствуют 2 группам эксплуатации — 1.7 и 1.8 Т по ГОСТ В 20.39.304, 305, 306

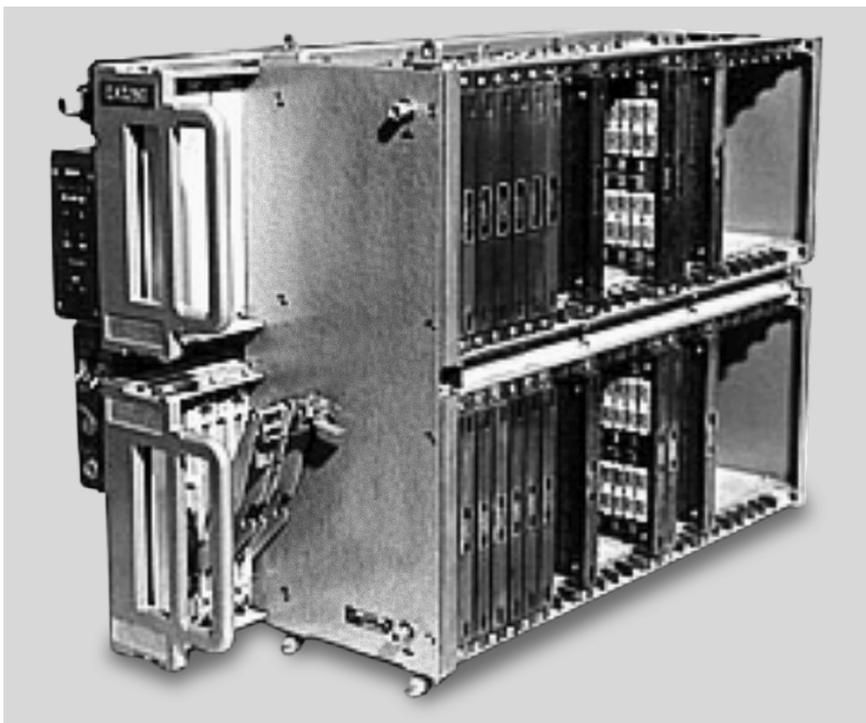
Габаритно-массовые характеристики: объем — 400 дм<sup>3</sup>, масса — 180 кг, потребляемая мощность — 800 Вт.

Надежность — наработка на отказ — 800 ч.

Эта машина программно совместима с ЦВМ «Ритм-20», которая достигнута за счет аппаратно-программной эмуляции набора команд «Ритм». Первая бортовая ЦВМ, в которой полностью реализованы архитектурные концепции ЕС ЭВМ-1.

На БЦВМ имеются патенты и авторские свидетельства: пат. РФ 760421, 940158, 960824, 1160536.

Основные разработчики — Беркович В. П., Тужилин В. И., Алексеев В. И., Айнштейн Г. И., Зыков Н. А., Максаков Ю. Н., Осокин П. И., Сальман А. С., Тюнис С. М., Штейнгард Н. Б., Юргаев Б. И.



*Рис. 3.1-7 БЭВМ Аргон-50.*

### **БЦВМ А-50**

Бортовая ЦВМ А-50 создана в 1985 г. Изготавливалась с 1986 г. по настоящее время на Астраханском заводе «Прогресс» и на Брестском электромеханическом заводе. Изготовлено более 1000 машин. Рис. 3.1-7.

Главный конструктор — Штейнберг В. И.

Машина А-50 используется в автоматизированных системах управления на оборонных объектах.

А-50 — старшая модель из ряда унифицированных высокопроизводительных 32-разрядных бортовых ЭВМ архитектуры ЕС ЭВМ. Спроектирована на основе схмотехнических и конструктивно-технологических решений, реализованных в модели А-40. Вместе с тем применение более современной элементной базы позволило резко повысить производительность машины и объём ее оперативной памяти, увеличить число каналов ввода-вывода. Обеспечена возможность двухмашинной работы по прямому управлению. В состав машины входит пульт управления с реализацией последовательного интерфейса, в процессор введена кэш-память, реализована микротестовая система. Для нее разработаны кассетный накопитель на магнит-

ной ленте и накопитель на цилиндрических магнитных доменах и сервисная аппаратура, включающая пульт имитаторов абонентов и сервисную ЭВМ.

С целью повышения быстродействия процессора оптимизирована схемотехника блока команд, обеспечивающая коррекцию зависимых команд. Управление микропрограммное. Микропрограммные средства помимо функциональных микропрограмм включают микротесты, предназначенные для поиска неисправностей с разрешающей способностью до единиц ячеек. В оперативной памяти и постоянной памяти микропрограмм реализован контроль с обнаружением двойных и коррекцией одиночных ошибок. Кэш-память имеет оригинальную структуру, включающую буфер команд и буфер данных. Структура каналов ввода-вывода обеспечивает минимальные затраты оборудования при сравнительно высокой пропускной способности. Взаимодействие каналов ввода-вывода организовано таким образом, что работа подсистемы ввода-вывода незначительно влияет на производительность процессора.

БЦВМ А—50 может использоваться как в качестве самостоятельного вычислителя, так и в качестве центрального звена одномашинных и многомашинных вычислительных комплексов с развитой системой внешних ЗУ и периферийного оборудования. На ее основе созданы восемь модификаций одно- и двухмашинных вычислительных комплексов для приоритетных государственных программ. По своему исполнению А-50 является базовой машиной межвидового применения, отвечающей требованиям военных стандартов для авиационных, мобильных и стационарных объектов.

В машине применен полный набор команд ЕС ЭВМ-1 с дополненными командами вычисления синуса, косинуса и обратной величины числа.

В машине используются числа с 16 разрядами и 32 разрядами (двойное слово).

Команды имеют 16 и 32 разряда.

Система прерывания — многоуровневая.

Машинный цикл — 250 нс. Производительность 2 млн. оп./с (формат RR) и (смесь Гибсон 3Е) — 0,54 млн. оп./с.

Емкость кэш-памяти — 4 Кб. ОЗУ, выполнено на БИС 565РУ5, время выборки — 120—250 нс, емкость — 4 и 16 Мб. Емкость ПЗУ микропрограмм — 272 Кб.

Количество каналов ввода-вывода — 4.

Суммарная пропускная способность каналов входа/вывода в монопольном режиме — 4 Мб/с, в мультиплексном режиме — 600 Кб/с.

Периферийное оборудование включает — внешнее постоянное ЗУ емкость — 2×512 Кб со скоростью считывания — 500 Кб/с, время сохранения информации — 1000 ч.

Кассетный накопитель на магнитной ленте (гл. конструктор Клепинин В. С.) емкостью 4×2 Мб со средним временем доступа — 60 с со скоростью выдачи 15 Кб/с.

Накопитель на цилиндрических магнитных доменах (главный конструктор Смирнов Р. В.). Емкость — 2×2 Мб, время выборки — 7 мс, время записи — 100 с скорость обмена 40 Кб/с.

Машина построена на микросхемах среднего уровня интеграции серий 134, 136, 130, 133.

Конструкция машины модульная, с тремя иерархическими уровнями (ячейка — блок — шкаф). Ячейка состоит из двух многослойных печатных плат, соединенных проводами или печатными шлейфами, с соединителем типа СНП-34 со 135 контактами. Ячейки скомпонованы в функционально и конструктивно законченный блок и связываются между собой системой специальных колодок, которые служат для закрепления вилок соединителей на раме и обеспечивают через систему шин организацию цепей О В и 5 В. Коммутация связей ячеек выполнена накруткой. Блоки механически крепятся на раме и электрически соединяются проводным монтажом. Конструкция блоков и корпусов машины оригинальная с повышенной плотностью компоновки за счет двухплатных ячеек. Блоки процессора, ОЗУ, каналов ввода-вывода и электропитания установлены в общий корпус (шкаф). Пульт управления выполнен в виде отдельного конструктивно-законченного устройства. Охлаждение принудительное воздушное. Многослойные печатные платы изготовлены методом металлизации сквозных отверстий. Число коммутационных слоев — до 10.

Программное обеспечение состоит из ОС реального времени, системы автоматизации программирования и отладки, системы сервисных программ и контрольно-проверочных тестов.

Технико-эксплуатационные характеристики соответствуют группам эксплуатации — 1.7, 1.8, 3.1.1 и 3.3.1 по ГОСТ В 20.39.304, 305, 306.

Габаритно-массовые характеристики: процессор — 640×620×581 мм, пульт управления — 680×483×391 мм, масса — 140 кг.

Потребляемая мощность — 1000 Вт.

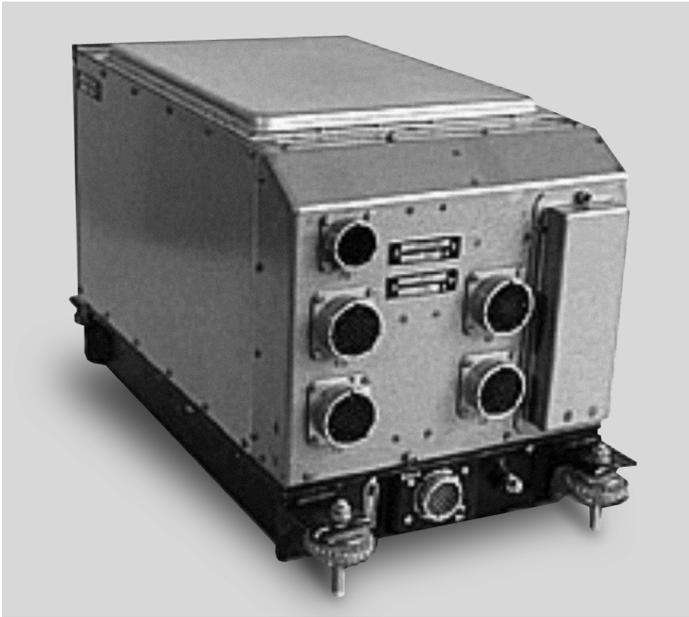
Надежность — наработка на отказ — 800 ч.

Время восстановления — 30 мин.

А-50 — первая бортовая ЭВМ межвидового исполнения, отвечающая требованиям военных стандартов для авиационных, мобильных и стационарных объектов.

На машину выданы патенты и авторские свидетельства: пат. РФ 760421, 920845, 940158, 960824, 949764, 1001060, 1051745, 1056177, 1115044.

Основные разработчики: Монахов В. И., Терещенко М. А., Тужилин В. И., Алексеев В. И., Иванов В. Б., Картавец В. Н., Клейман Ю. Х., Криксин А. А., Лемзаль Ю. Р., Макаров А. А., Сальман А. С.



*Рис. 3.1-8. БЭВМ Ц-100.*

### **БЭВМ Ц-100**

Бортовые цифровые вычислительные машины серий Ц100, Ц101. Созданы: Ц100 в 1982 г., Ц101, 102 в 1991 г.

Изготавливаются на ГППО «Октябрь» (г. Каменск-Уральский). Ц100 с 1983 г. и Ц101, 102 с 1991 г. по настоящее время. Изготовлено более 4000 машин. Рис. 3.1-8.

Главный конструктор: Соловьев А. А.

Ц100, Ц101 используются в системах управления вооружением истребителей МиГ—29, Су—27, Су—35.

Серия Ц100 включает в себя модель Ц100 и ее модификации; серия Ц101 — модели Ц101 и Ц102 и их модификации. В машинах реализована оригинальная архитектура «ПОИСК» (Проблемно-ориентируемая с изменяемой системой команд), разработанная НИИ «Аргон». Ее отличительная особенность — возможность адаптации набора команд к решаемым задачам путем добавления к основному набору операторов, свойственных конкретным задачам.

Набор команд-операторов состоит из операторов ядра типа обычных команд, операторов более сложной структуры, специальных операторов (обмена, ОС) и операторов пользователя. Разрядность операторов переменная. В зависимости от области применения число операторов в системе команд колеблется от 157 до 256.

Как показали исследования и опыт эксплуатации, бортовые ЭВМ архитектуры «ПОИСК» при условии одинаковости элементной базы превосходят обычные одноадресные архитектуры по производительности в 1,5—2,5 раза, а по компактности программ — в 3—5 раз. Это особенно важно для авиационных машин с жесткими ограничениями по массе и габаритам.

БЦВМ серий Ц100, Ц101 являются 16-разрядными, синхронными, многоадресными машинами параллельного действия. Структура машин магистрально-модульная с микропрограммным управлением. В их состав входят центральный процессор, ОЗУ, ПЗУ и устройство ввода-вывода (УВВ). УВВ обеспечивает сопряжение с аппаратурой системы по каналам ГОСТ 18977—79 и ГОСТ 26765—87. Ц101/Ц102 имеют двухшинную организацию. Один интерфейс является быстрым синхронным, другой — более медленным асинхронным внутренним магистральным интерфейсом. В Ц102 предусмотрена возможность создания двухмашинного комплекса в составе Ц101—Ц102 с управлением от Ц101 через адаптер межмашинной связи.

В машине применяются числа с фиксированной точкой, имеющие 16 разрядов, разрядность команд — переменная.

Производительность, тыс. оп/с Ц101/102 — 400, Ц100—170. Емкость ОЗУ, Кб Ц101/102—16 Ц100—8. Емкость ПЗУ, Кб Ц101/102— 128/256/384 Ц100—136

Число входных/выходных каналов по ОСТ 11.305.903—80 Ц100 — 1 Ц101/102 — 1 или 2.

пропускная способность канала, Кб/с — 400—800.

Число входных/выходных линий по ГОСТ 18977—79 Ц100—18/16 Ц100/102—24/16 Число разовых входных/выходных команд по ГОСТ 18977—79 Ц100 — 9/3; Ц101/102 — 10/10 или 8/6.

Число программируемых таймеров: Ц100 — 1 Ц101/102 — 2.

Система прерываний состоит из 7 уровней прерывания. Время реакции на запрос, (мкс) Ц100 — 100 Ц101/102 — 50. Число линий запроса Ц100 — 2 Ц101/102 — 4.

Машина построена на микросхемах средней степени интеграции серий 106, 133, 134, 136 (Ц100); серий 1802, 1804, 530, 533 (Ц101/102).

Конструкция машины модульная, с тремя иерархическими уровнями (плата — ячейка — блок). Ячейка состоит из двух плат с установленным на одной из двух плат соединителем. Платы электрически соединены проводным монтажом и механически закреплены на легкой несущей и направляющей рамке. Связи между ячейками выполнены проводным монтажом методом накрутки. Ячейки функциональных устройств и источник питания скомпонованы в корпусе в виде сборной амортизированной конструкции. Охлаждение принудительное воздушное.

Печатные платы многослойные, изготавливаемые методом металлизации сквозных отверстий.

Программное обеспечение состоит из набора программных и микропрограммных средств, составляющих специальное и общее ПО. В состав специального ПО входят рабочие программы, программы обработки прерываний и обмена с внешними устройствами. К общему ПО относится автоматизированная система программирования, отладки и документирования целевых программ (САПОД). Для Ц101/102 разработаны две версии САПОД. Система САПОД-Е реализована на ЕС ЭВМ, САПОД-М — на СМ ЭВМ. Входным унифицированным языком программирования является язык символического кодирования операторов ЯСКО.

Технико-эксплуатационные характеристики соответствуют группе эксплуатации — 3.4.1 по ГОСТ В 20.39.304.

Диапазон рабочих температур — от минус 55 до плюс 60°С.

Синусоидальная вибрация — 5g (20—2000 Гц — Ц100). Среднеквадратичное виброускорение — 3,2g (20—2000 Гц) (Ц101/102).

Линейное ускорение — 10g (Ц100); 13,5g (Ц101/102). Относительная влажность воздуха при 35°С, %. Ц100 — 98, Ц101/102 — 100. Давление — 15 мм рт. ст.

Габаритно-массовые характеристики: масса, кг Ц100 — 32 Ц101/102 — 19/18,7. Объем, куб. дм Ц100 — 48 Ц101/102 — 26/26. Потребляемая мощность, Вт Ц100 — 275 Ц101/102 — 260/240. Надежность — Нарботка на отказ, Ц100 — 500 Ц101/102 — 1000.

Машины с архитектурой «ПОИСК». По объему производства (более 4000 образцов) относятся к числу самых массовых авиационных бортовых ЭВМ.

На машины выданы пат. РФ 1149273, 1424568, 1669303.

Основные разработчики: Курбатов Б. Ю., Брехов В. М., Левшин В. И., Горшенин Ю. С., Алексеев А. А., Чижов А. А., Юргаев Б. И.

### **БВК «Бета-2»**

Бортовой вычислительный комплекс «Бета-2» создан в 1972 г. Изготавливался на производственном объединении «Звезда», Сергиев Посад. К 1975 г. изготовлено 12 машин.

Главные конструкторы: Ларионов А. М., Штейнберг В. И.

Машины использовались в мобильных системах управления войсками.

БВК «Бета-2» предназначен для сбора, обработки и представления информации в удобном для принятия решений виде и ее передачи потребителям по каналам связи. В состав комплекса входят система вычислительных средств, аппаратура телекодированной связи, радиосредства и передвижная электростанция.

Система вычислительных средств включает ЦВМ «Ритм-20», пульт управления, устройства внешней памяти и периферийное оборудование.

ЦВМ «Ритм-20» имеет структуру, близкую к ЦВМ общего назначения, и высокую производительность. Система команд специализирована применительно к классу решаемых задач.

Используются числа с фиксированной и плавающей точкой.

У числа с фиксированной точкой — 12 и 24 разряда; у числа с плавающей точкой — 48 разрядов.

Время выполнения операций, мкс:

сложение: с фиксированной точкой — 2,4; с плавающей точкой — 6,4;

умножение: с фиксированной точкой — 12 мкс; с плавающей точкой — 22,4 мкс.

Система команд — специализированная, «Ритм» и состоит из 62 команд.

ОЗУ: емкость — 32 тыс. 24-разрядных слов; цикл обращения — 4 мкс.

ДЗУ: емкость — 32 тыс. 24-разрядных слов; цикл обращения — 4 мкс; время выборки — 1,5 мкс.

Внешняя память:

накопитель на магнитном барабане НБ-10: емкость — 200 тыс. 24-разрядных слов; время обращения — 20 мсек;

накопитель на магнитной ленте ЛПМ-14: емкость —  $3 \times 512$  тыс. 24-разрядных слов; время ожидания — 45 с.

Периферийные устройства:

алфавитно-цифровое печатающее устройство АЦПУ-64-5: скорость печати — 250 строк/мин; ширина строки — 64 знака; число знаков — 63;

фотосчитывающее устройство ФСМ-7: скорость считывания — от 4000 до 6400 знаков/с; перфоратор выходной ленточный ПЛ-150; скорость перфорирования — от 750 до 1200 знаков/с.

Машина построена с применением интегральных гибридных микросхем «Посол».

### **ЦВМ «Ритм-20»**

ЦВМ «Ритм-20» имеет мелкоблочную конструкцию с четырьмя иерархическими уровнями (ячейка, панель, поворотная рама, шкаф). Ячейка на двусторонней печатной плате размером  $175 \times 75 \times 11$  мм содержит до 30 посадочных мест для микросхем «Посол». Связи между ячейками и связи между конструкциями более высоких уровней выполнены проводным и жгутовым монтажом методом пайки. Габариты типового шкафа  $1500 \times 750 \times 590$  мм (большой) и  $802 \times 750 \times 590$  мм (малый).

В машине применяются унифицированные двусторонние печатные платы.

Программное обеспечение состоит из операционной системы, системы автоматизированного программирования с автокодом «Ритм», контрольно-диагностических программ, пакетов прикладных программ и вспомогательных программ для отладки ОС.

Технико-эксплуатационные характеристики ЦВМ «Ритм-20»:

Вычислительное устройство

Масса (кг) — 468. Габаритные размеры (мм) — 1560×750×625. Потребляемая мощность (Вт) — 550. ОЗУ масса (кг) — 330. Габаритные размеры (мм) — 1560×750×625. Потребляемая мощность (Вт) — 435. ДЗУ масса (кг) — 135. Габаритные размеры (мм) — 750×802×625. Потребляемая мощность (Вт) — 135

В машине аппаратурно реализованы команды с плавающей точкой. Созданы новые конструктивные решения, оказавшие значительное влияние на дальнейшее развитие мобильных бортовых ЭВМ.

Основные разработчики: Литвинов А. М., Полунин А. Т., Алексеев В. И., Лыгин И. Ф., Штейнгард Н. Б.

### **3.1.2. Разработки НПОЭА г. Ленинград**

Данные отсутствуют

### **3.1.3 Разработки НПО Хартрон и ПО «Киевский радиозавод»**

БЦВМ для «Циклона». БЦВМ для третьей ступени ракеты-носителя «Циклон» была создана в 1964 г. на ПО «Киевский радиозавод». Изготовлено порядка 100 образцов. Главный конструктор Е. Брюхович.

В БЦВМ применялась двоично-пятиричная система кодирования, двухканальное резервирование. БЦВМ имела высокую надежность и использовалась при всех запусках ракеты «Циклон». Использовались феррит-транзисторные схемы.

#### **БЦВМ для 15А14**

БЦВМ для ракеты 15А14. Создана в 1971 г. Изготавливалась на производстве «Хартрон». Главный конструктор А. Кривоносов.

БЦВМ для 15.А.14. Одноадресная. Разрядность 16 разрядов. Объем ОЗУ 512—1024 слова, объем ПЗУ 16 кслов. Быстродействие 100 тысяч оп/сек. Вычислительная система имела 3-х канальную мажоритарную структуру.

В конструкции машины используются плоские микромодули, многослойные печатные платы, в которых использован метод открытых контактных площадок, гибридные микросборки для управления ОЗУ.

#### **БЦВМ для 15А30**

БЦВМ для ракеты 15А30 (генеральный конструктор Челомей В. М.). 15Л579 создана в 1973 г. в НПО «Хартрон» и серийно выпускалась на «Киевском радиозаводе». Главный конструктор А. Кривоносов.

БЦВМ 15Л579 имела 16-разрядную сетку. Быстродействие 200—400 тысяч оп/сек. Объем ОЗУ 8 кслов. ПЗУ 32 кслов. В машине использовались многослойные печатные платы. Масса машины 21 кг.

Известно, что в НПО «Хартрон» было создано значительное число БЦВМ, однако отсутствуют данные об этих машинах, особенностях их схемотехнических и конструкторских решений.

## **3.2. Корабельные вычислительные машины**

### **3.2.1. Разработки НПО «Агат»**

#### **Семейство систем СЦВМ Море, Корень, Туча на полупроводниковых триодах П16Б и диодах Д9Д**

##### **СЦВМ «Море У»**

Специализированная цифровая вычислительная машина «Море У» создана в НПО «АГАТ» в 1963 г. Изготавливалась на опытном производстве НПО «АГАТ» и на Ульяновском машиностроительном заводе им. Володарского.

Главный конструктор — Абрамов Ю. И.

Машина «Море У» предназначалась для управления взаимным обменом информацией между кораблями и обработки информации. Она была установлена на больших противолодочных кораблях (БПК) проекта 61, на авианесущих крейсерах проекта 1123 — «Москва» и «Ленинград».

Машина «Море У» (МВУ-200) являлась первой специализированной отечественной СВМ предназначенной для работы на морских судах. Она состояла из двух приборов 6—I и 6—II, включающих в себя вычислительную машину, многоканальное устройство ввода и выдачи информации и внешнюю память на магнитном барабане. Рис.3.2-1

Быстродействие машины — 30 тыс. операций в секунду типа «сложение», объём оперативной памяти — 1 тысячу слов, объём памяти команд — 2 тысячи слов. Число команд — 30.

Машина «Море У» была в основном построена на элементах и схемотехнических решениях вычислительной машины «Курс-1» (5989).

Охлаждение машины — воздушное с принудительной вентиляцией.

Мощность потребляемая машиной около 10 кВт.

Основные разработчики — М. Померанцев, С. Трофимова, В. Рыков, А. Катков.

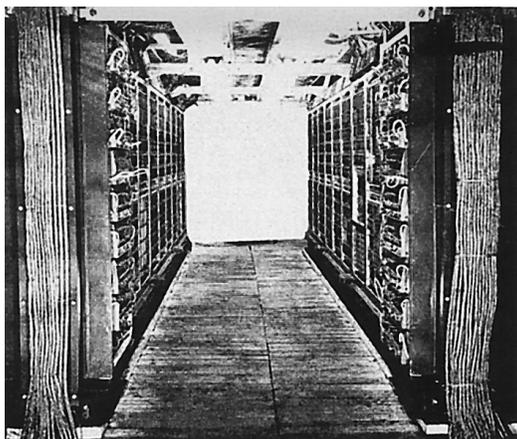
##### **СЦВМ «Корень»**

Специализированная цифровая вычислительная машина «Корень» создана в НПО «Агат» в 1964—65 гг. Рис 3.2-2.

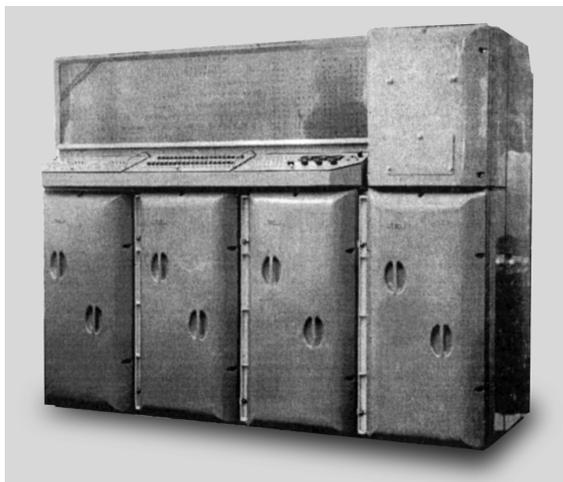
Изготавливалась на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета».

Главный конструктор — Заволокин А. К., заместитель главного конструктора — Юферова Е. К.

Машина «Корень» предназначалась для сбора и обработки информации об окружающей обстановке, выдаче целеуказания кораблям и верто-



*Рис. 3.2-1*



*Рис. 3.2-2*

летам по решению задач противолодочной обороны, управлению средствами ПВО своего корабля и соединения.

Машина «Корень» была установлена на авианесущем крейсере проекта 1123 «Москва» и кораблях противолодочной обороны проектов 1134А и 1134Б.

В машине «Корень» в арифметическом устройстве применялся самокорректирующий код, исправляющий одиночные ошибки и обнаруживающий двойные.

Арифметическое устройство для реализации арифметических операций было построено на табличном принципе, т. е. все результаты арифме-

тических операций хранились в долговременном запоминающем устройстве и выбирались по входным данным.

В машине была обеспечена возможность замены неисправного блока в процессе работы.

СЦВМ «Корень» представляла собой одноадресную машину с фиксированной запятой, быстродействием 10 тысяч операций в секунду, объемом оперативной памяти — 1568 слов, объемом долговременного ЗУ — 8232 слова. Число команд — 24. Машина потребляла 12 кВт электроэнергии.

В этой машине для повышения надежности работы впервые в СССР был использован самокорректирующий код и табличное арифметическое устройство, позволяющее выполнять операции с этим кодом.

Основные разработчики — В. Синякин, С. Петрова, М. Филиппов, П. Юдин, Ю. Петров, Б. Чернов, Н. Старцева, В. Дюков, В. Костикова.

Главный конструктор СЦВМ «Корень» Заволокин А. К. был удостоен звания Лауреата Государственной премии, а участники разработки были отмечены правительственными наградами.

#### **СЦВМ «Туча»**

Специализированная цифровая вычислительная машина «Туча» создана в НПО «Агат» в 1967 г. С 1967 г. производилась на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета». За 5—6 лет было изготовлено 50 машин.

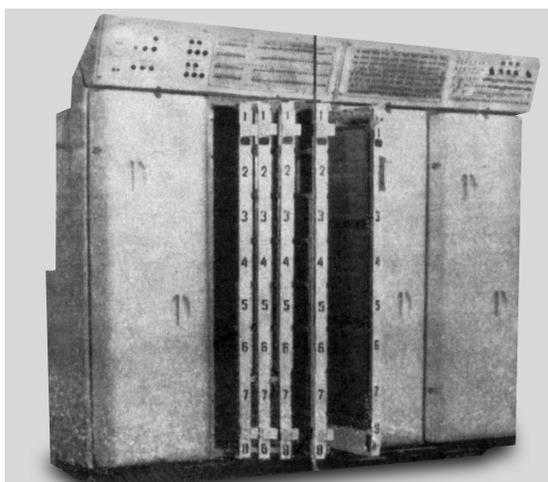
Главный конструктор — Мусатов Н. Ф., заместитель главного конструктора — Попов И. Ф.

СЦВМ «Туча» являлась основой боевой информационно-управляющей системы (БИУС) «Туча» и предназначалась для решения задач управления движением и навигации, выработки данных для стрельбы баллистическими ракетами комплекса Д-5, а также для стрельбы торпедами. Машина «Туча» устанавливалась на подводные лодки проекта 667А.

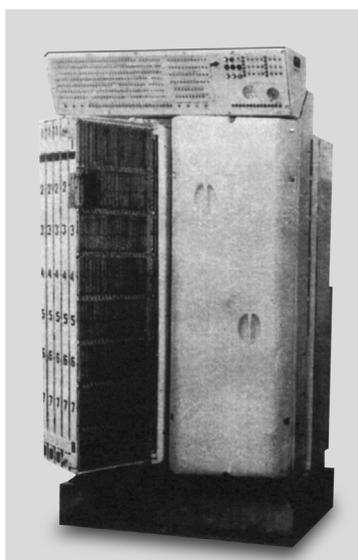
СЦВМ «Туча» состояла из прибора 162 рис 3.2-3 (собственно вычислительная машина с пультом управления) и прибора 119, преобразующего аналоговые данные в цифровые и цифровые в аналоговые рис 3.2-4, и прибора управления подачей электроэнергии 108.

Машина имела быстродействие по операциям типа «сложение» — 62,5 тыс. операций в секунду. Объем оперативной памяти на ферритах — 2048 слов. Объем долговременной памяти на П-образных ферритовых сердечниках — 36 000 слов. Заполняющее устройство констант (ЗУК) на ферритах объемом 768 слов позволяло производить ручную перезапись данных на объекте.

Машина выполняла операции с 25-разрядными числами (словами) и имела 63 одноадресных операций.



*Рис. 3.2-3*



*Рис. 3.2-4*

В машине «Туча» использовалась импульсно-потенциальная система элементов машины 5Э89 («Курск-1») на полупроводниковых элементах П16Б и диодах Д9Д, некоторые элементы которой были модернизированы.

Основой конструкции машины являлся шкаф для электронной аппаратуры оригинальной конструкции, который позволял производить его погрузку на подводную лодку через стандартный люк диаметром 598 мм.

Шкаф имел высоту 1870 мм и был изготовлен путем сварки дюралевых листов и специальных профилей. В верхней части шкафа имелись фланцы для подсоединения приточно-вытяжной вентиляции и располагались разъемы для подключения питания и информационных цепей. Шкаф имел односторонний доступ с лицевой стороны для проведения отладки. Внутри шкафа была расположена конструкция типа «книга» с пятью створками, на каждой размещались электронные блоки (типовые элементы замены — ТЭЗы). Связь между створками осуществлялась посредством гибких «ремней» из резины, внутри которых помещались электрические провода. Вторичные источники питания для каждого шкафа располагались в «пристройке» присоединяемой к нижней части шкафа.

ТЭЗ представляли собой бескаркасную плату из двухстороннего фольгированного гетинакса, на которой пайкой были установлены электронные элементы.

Связь с другими ТЭЗами осуществлялась через разъем оригинальной конструкции. Штыри разъема устанавливались непосредственно на гетинаксовой монтажной плате, а ответная часть контактирующая со штырями, после отладки запаивалась для обеспечения гарантированного соединения. При достаточно высокой надежности ТЭЗов дополнительные затраты времени на распайку и запайку при смене ТЭЗа не оказывали существенного влияния на показатель готовности аппаратуры.

Вычислительная система «Туча» состояла из двух резервируемых СЦВМ «Туча». В системе были предусмотрены: аппаратурно-логический контроль «на четность» и программный контроль, по сигналам которого происходило автоматическое переключение неисправной машины на машину, находящуюся в горячем резерве. Резервная машина получала все входные данные, поэтому переход на нее не требовал перезаписи данных.

Надежность СЦВМ «Туча» оценивалась 650 часов работы между неисправностями. Вычислительная система «Туча» потребляла около 17 кВт электроэнергии. Для охлаждения машин использовалась приточно-вытяжная вентиляция подводной лодки.

Основные разработчики — А. Старшинов, Г. Рихтер, А. Троян, З. Алексеева, Л. Тарасов, Е. Шельбах, О. Потураев, Н. Власов, И. Рогинский, В. Рыжков, В. Хромов, В. Панюшкин, В. Минаев, В. Жучков, М. Шутов, И. Кац, Т. Борисоглебская, Е. Баскаков, В. Тараев, Г. Курахтанов, М. Расстанаева, Л. Баранова, И. Тришин, А. Бугреев, В. Алексеев.

За создание машины «Туча» коллектив разработчиков был награжден правительственными наградами. Главному конструктору СЦВМ «Туча» Мусетову И. Ф. была присуждена Ленинская премия.

## Семейство систем на блоках Азов 1 и модулях Азов — Альфы, Атолл, Алмазы, Абрис, Аллея

### Блоки «Азов 1»

В 1966 г. был создан набор цифровых унифицированных блоков «Азов 1», использующий навесные комплектующие элементы. Главный конструктор — Я. А. Хетагуров.

Набор унифицированных блоков «Азов 1» изготовлялся с 1967 г. по 1972 г. на опытном заводе НПО «Агат» (Москва), с 1969 г. по 1980 г. на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета» (Ульяновск), с 1972 г. по 1980 г. на приборостроительном заводе «Равенство» (Ленинград).

Всего было изготовлено около 400 тыс. блоков. Набор унифицированных блоков «Азов 1» использовался при создании модулей ЭВМ «Азов», цифровых устройств управления в системах, устанавливаемых на надводных кораблях и подводных лодках.

Разработка унифицированного набора блоков «Азов 1» на навесных комплектующих элементах, когда уже начали выпускать малогабаритные гибридные микросхемы, была связана с их недостаточным быстродействием и надежностью.

Хотя применение микросхем уменьшило габаритно-массовые характеристики и трудовые затраты на изготовление блоков, т.к. часть монтажных связей оказалась расположенной в корпусе микросхемы. Однако эти положительные показатели микросхем не смогли перевесить преимуществ, получаемых при использовании отдельных транзисторов и диодов с существенно более высокими показателями по быстродействию и надежности работы, которые были важны для морских систем.

Основным транзистором являлся кремниевый диффузионный транзистор Т308Б, использовался германиевый транзистор П605А и диоды 311А и Д220.

Система импульсно-потенциальных элементов, работающих на частоте 1,0—1,5 МГц, состояла из статического триггера, импульсно-потенциального диодно-конденсаторного вентиля, четырех типов импульсных усилителей, имеющих различную нагрузочную способность, и одного мощного эмиттерного повторителя потенциального сигнала.

Рассмотрим схемы системы элементов и некоторые особенности их построения.

Основным элементом памяти в импульсно-потенциальной системе является статический триггер. Его схема приведена на рис. 3.2-5. Для обеспечения малых фронтов в нем используется коллекторная трансформаторная связь, форсирующая процессы переключения. Исключение влияния нагрузки на работоспособность триггера обеспечивается применением эмиттерных повторителей с оригинальной разрядной цепочкой. На схеме

приведены вентили для установки триггера в единичное состояние (3 вентиля) и нулевое (2 вентиля).

Особенностью этой системы элементов является использование простейшего импульсно-потенциального диодно-конденсаторного вентиля, который обеспечивает возможность их объединения по схеме «или» без применения дополнительных объединяющих элементов. (см. рис. «Объединение вентиля для подачи сигналов установки «единица» и «нуль» триггера»).

Основной проблемой применения диодно-конденсаторного вентиля является обеспечение его быстродействия, которое определяется постоянной времени входной цепочки потенциального сигнала. Использование малой величины этой постоянной времени повышает быстродействие, но приводит к ослаблению импульсного сигнала при его прохождении через вентиль. Поэтому для уменьшения ослабления необходимо применить импульсные сигналы с хорошим фронтом и малой длительностью. Это оказалось возможным реализовать на выпускаемых промышленностью транзисторах, используя только импульсные трансформаторные усилители.

Были созданы усилители, которые работали с импульсными сигналами длительностью 0,1—0,2 мкс, фронтом нарастания сигнала не более 60—80 нс и с задержкой сигнала в цепочке вентиль-усилитель 20 нс, 30 нс и 50 нс. Повышение задержки связано с увеличением мощности усилителей. Это дало возможность с учетом минимального ослабления импульсного сигнала выбрать малую постоянную времени входной цепочки вентиля и обеспечить необходимую скорость изменения управляющего потенциала на диоде и получить высокое быстродействие вентиля. Параметры вентиля, приведенные на рис. 3.2-5, дают постоянную времени 0,15 мкс.

На рис. 3.2-6 и рис. 3.2-7 приведены схемы однокаскадных усилителей, обеспечивающих задержку в цепи вентиль—усилитель 20 нс и длительности передаваемых сигналов 0,1—0,2 мкс.

На рис. 3.2-6 дана схема усилителя малой мощности (УММ). На рис. 3.2-7 дана схема кабельного усилителя (УК), который работает на бифилярную линию связи. На вход усилителя могут подаваться сигналы с вентиля и через разделительный диод по бифилярному проводу с УК или усилителя УСМ.

На рис. 3.2-8 приведена схема двухкаскадного усилителя средней мощности (УСМ), который может работать на вентили или бифилярную линию. На вход усилителя могут подаваться сигналы с бифилярной линии или с вентиля, или УММ.

На рис. 3.2-9 приведена схема двухкаскадного усилителя большой мощности (УБМ). Второй каскад использует мощный транзистор П605А. Этот усилитель работает на большое число вентилях (до 60).

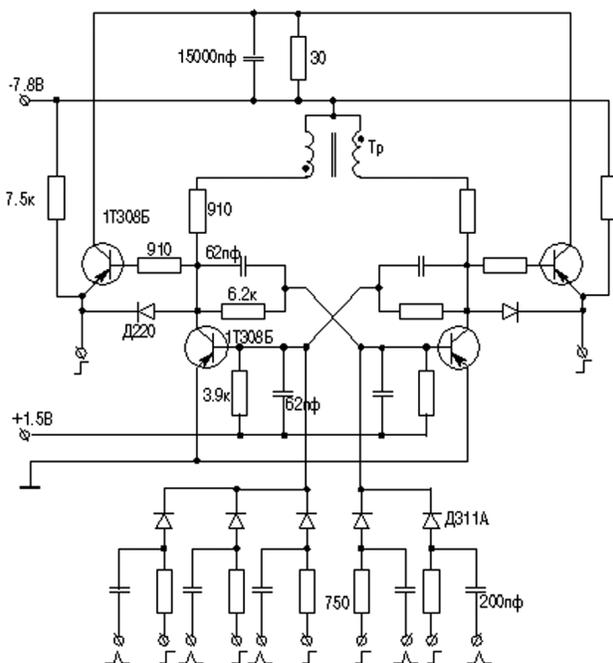


Рис. 3.2-5

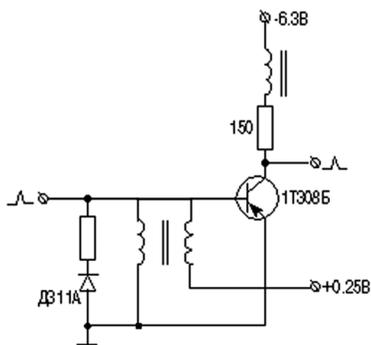


Рис. 3.2-6

На вход усилителя могут подаваться сигналы с бифилярной линии, вентилей и УММ и УСМ.

На рис. 3.2-10 дана схема мощного эмиттерного повторителя. Она состоит из двух каскадов и предназначена для управления по потенциальному входу большим числом вентилей (30).

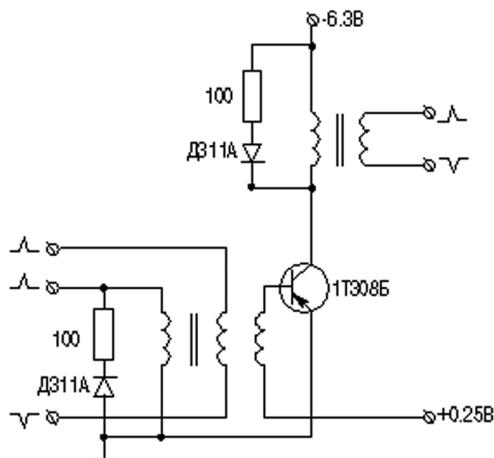


Рис. 3.2-7

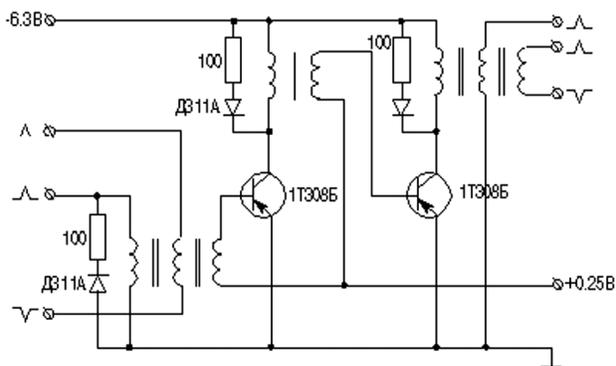


Рис. 3.2-8

Во всех схемах у импульсных трансформаторов используются демфирующие цепочки, состоящие из диода и сопротивления, для обеспечения заданных режимов работы транзисторов.

В схемах элементов для прогнозирования надежной работы используются напряжения «подпора» +0,25 В и +1,5 В. Их изменение дает возможность определять области устойчивой работы устройств.

На основе анализа логических схем устройств из приведенных схем элементов были сформированы блоки. Эти блоки обеспечивают построение цифровых вычислительных машин и средств дискретной автоматики. Набор блоков дает возможность построить устройства с относительно малыми габаритами.

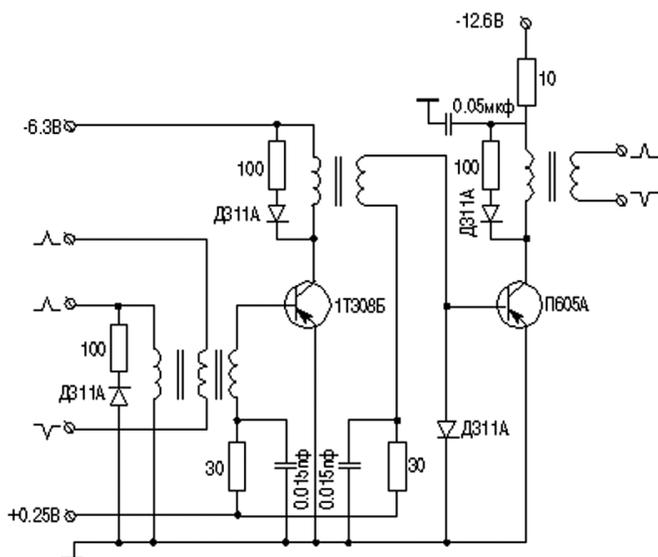


Рис. 3.2-9

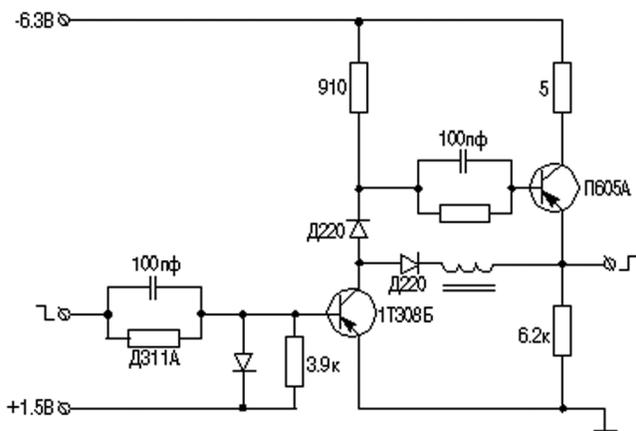


Рис. 3.2-10

Набор унифицированных блоков «Азов-1» состоит из девяти блоков.

Блок ТгВ включает два статических триггера. У каждого триггера к одному входу подключено три импульсно-потенциальных вентиля, к другому — два вентиля. К каждому выходу триггера можно подключить до 10 вентилях, из которых одновременно опрашиваются два. На рис. 3.2-11

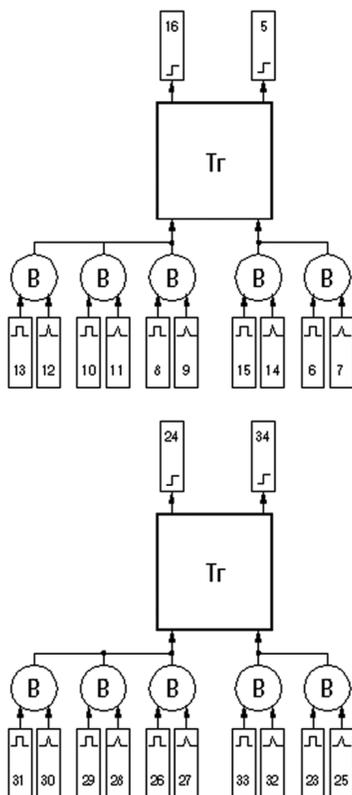


Рис. 3.2-11

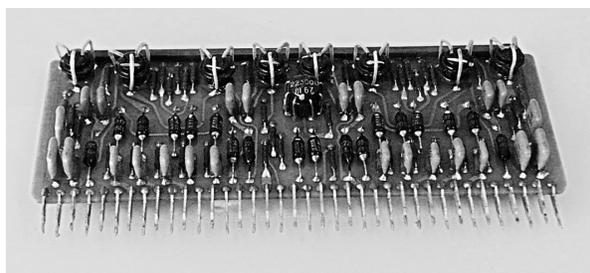


Рис. 3.2-12

приведена структурная блока с обозначением ламелей. Приведено фото блока рис. 3.2-12

Блок УММВ состоит из семи усилителей малой мощности (УММ) с одним вентилем на входе каждого усилителя. Предусмотрена возможность

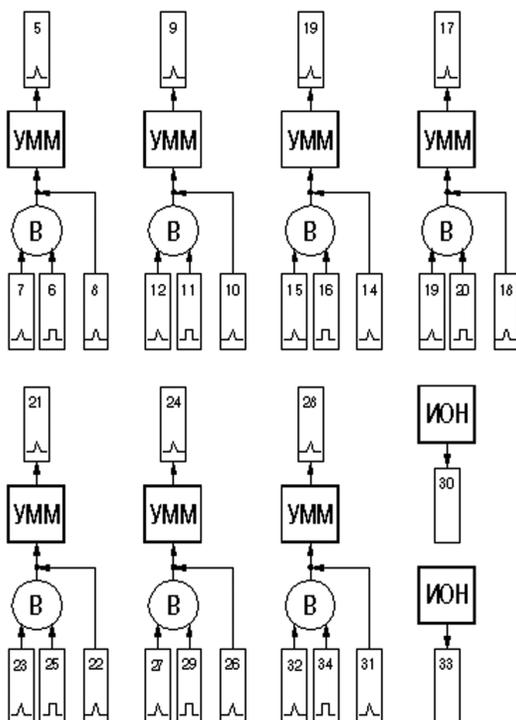


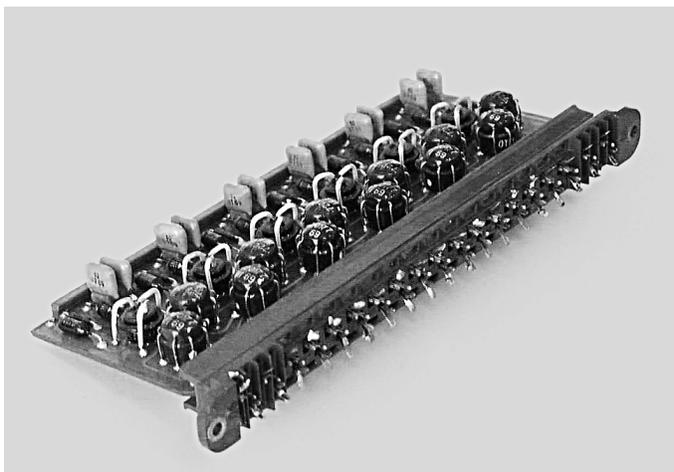
Рис. 3.2-13

подключения к каждому усилителю дополнительных вентилях. Выходной сигнал усилителя может подаваться на четыре вентиля, два из которых открыты. На рис. 3.2-13 приведена структурная схема блока. на рис. 3.2-14 приведено фото блока

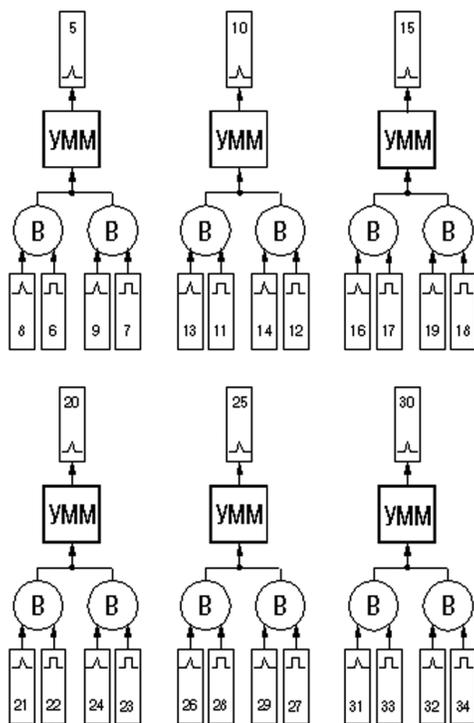
Рис. 3.2-15 А Блок УММ2В включает шесть усилителей УММ, к каждому усилителю подключено по два вентиля. Выходной сигнал может подаваться на четыре вентиля, два из которых открыты. На рис. 3.2-15 приведена структурная схема блока.

Блок УК. В нем расположены шесть усилителей УК. На каждый усилитель могут подаваться сигналы с двух бифилярных линий и импульсный сигнал с вентиля. Выходной сигнал подается на бифилярную линию. На рис. 3.2-16 приведена структурная схема блока.

Блок УСМ включает четыре усилителя УСМ. На каждый усилитель могут подаваться сигналы с двух вентилях и с двух бифилярных линий связи. Выходной сигнал может поступать на десять вентилях, из которых пять открыты, и на две бифилярные линии. На рис. 3.2-17 приведена структурная схема блока.



*Рис. 3.2-14*



*Рис. 3.2-15*

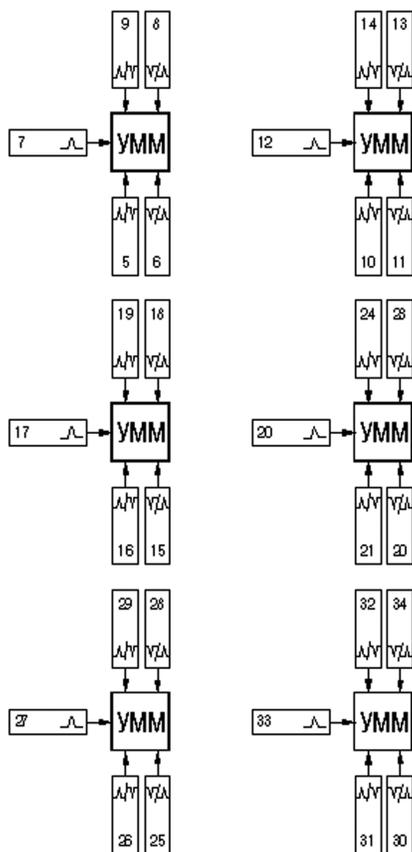


Рис. 3.2-16

Блок УБМВ. В нем расположены два УБМ. На вход каждого усилителя сигналы могут подаваться через один вентиль, по двум бифилярным линиям и через подключаемые вентили. Выходной сигнал может подаваться на шестьдесят вентилях, из которых тридцать открыты. На рис. 3.2-18 приведена структурная схема блока.

Блок П включает две схемы с мощными эмиттерными повторителями для управления по потенциальному выходу тридцатью вентилями. На рис. 3.2-19 дана структурная схема блока.

Блок В состоит из десяти вентилях, которые можно использовать независимо друг от друга. Выход вентиля подается на один усилитель любого типа или триггер. На рис. 3.2-20 дана структурная схема блока. На рис. 3.2-21 приведено фото блока.

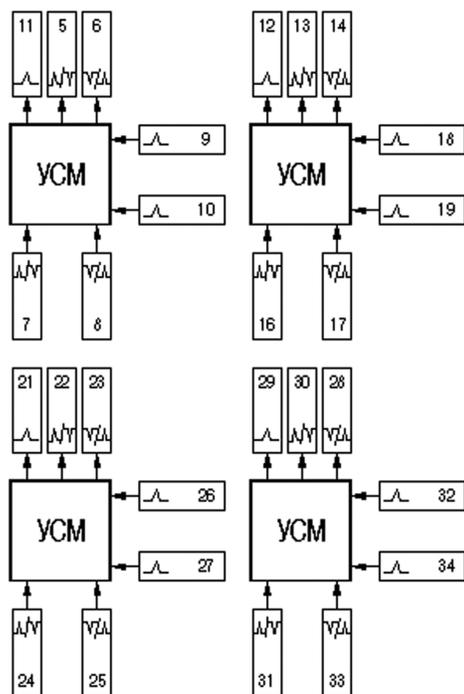


Рис. 3.2-17

Рис. 3.2-22 Блок КЦ включает 25 компенсационных цепочек, которые предназначены для компенсации помех, образующихся на импульсном входе вентиля при подключении вентилях по потенциальному входу. На рис. 15 дана структурная схема блока.

Набор блоков «Азов 1» работает в диапазоне температур  $-40^{\circ}\text{C}$  —  $+60^{\circ}\text{C}$ , при относительной влажности до 98% при  $+40^{\circ}\text{C}$ , в морском тумане, при инее и росе, при вибрации с частотой до 120 Гц и ускорении 2g, а также при многократных ударах с ускорением до 15g и одиночных ударах с ускорением до 500g.

Конструкция блока состоит из одной платы размером  $160 \times 60 \times 1,5$  мм, которая изготовлена из стеклотекстолита. На плату может наноситься печатный монтаж с одной и с двух сторон. По одной длинной стороне блока расположено 38 контактных ламелей. Первые четыре и последние четыре ламели используются для подачи номиналов питания и «земли», а 30 ламелей — для обмена функциональными сигналами. На рис. 3.3-23 приведено фото.

Блоки покрываются лаком СБ-1С.

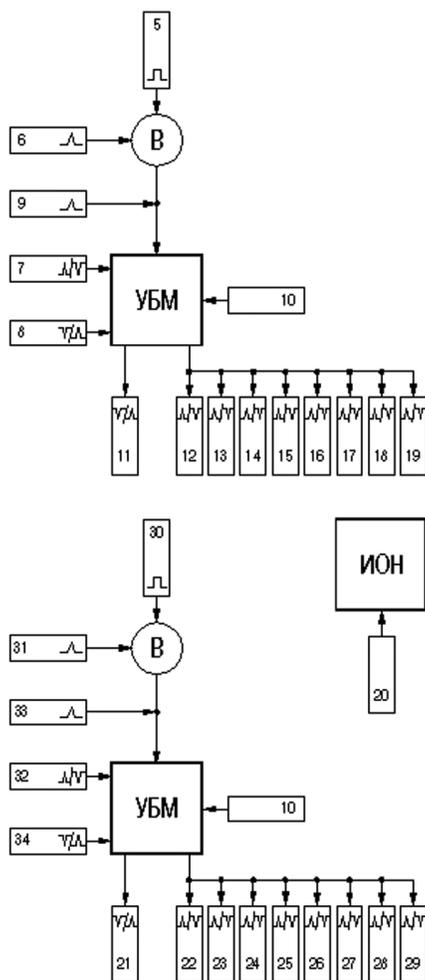
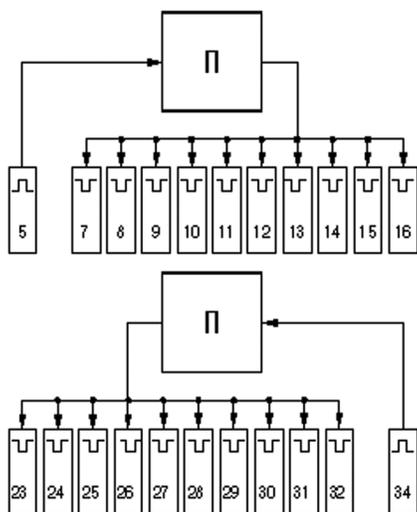


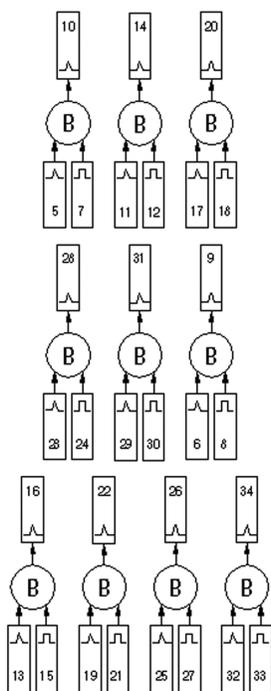
Рис. 3.2-18

Соединение ламелей производится со специальной 38-ми контактной гнездовой колодкой, в которой обеспечиваются фрикционные контакты с ламелями, а также предусмотрена возможность их запайки после проведения регулировочных работ. Конструкция блоков допускает возможность замены комплектующих элементов при выходе их из строя, т. е. ремонт блока.

Электропитание блоков производится от стабилизированных источников питания следующих номиналов: +0,25 В, +1,5 В, -6,3 В и -12,6 В. Бло-



*Рис. 3.2-19*



*Рис. 3.2-20*

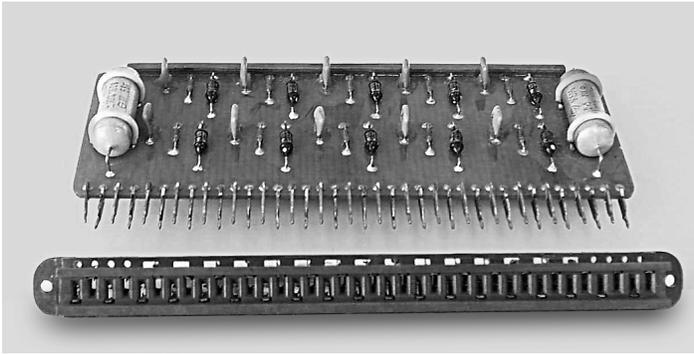


Рис. 3.2-21

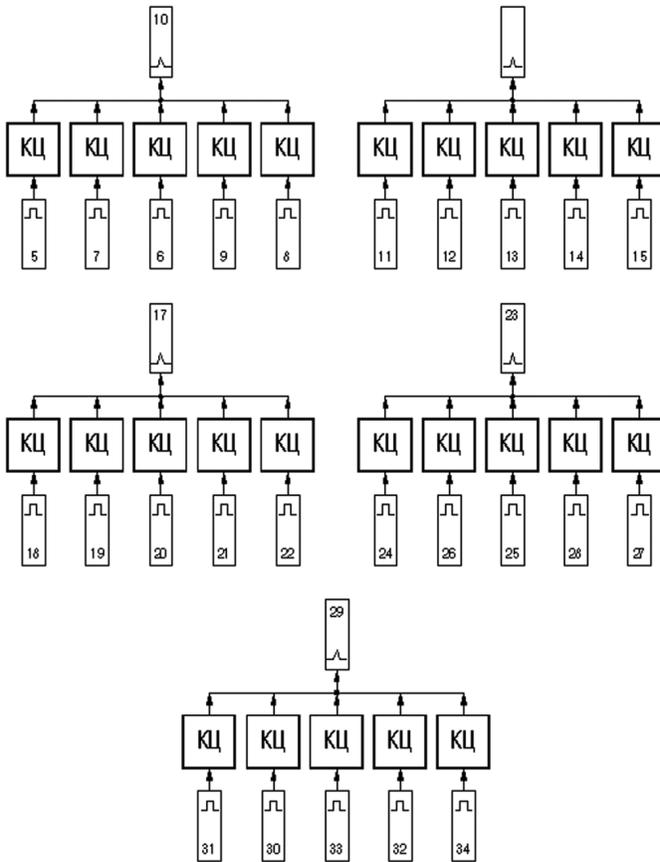


Рис. 3.2-22

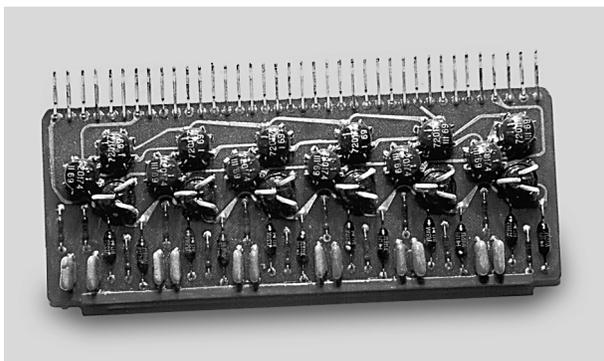


Рис. 3.2-23

ки сохраняют работоспособность при отклонении номиналов питающих напряжений на  $\pm 10\%$ .

Используемые комплектующие элементы перед установкой на блоки проходят входной контроль на соответствие их характеристик техническим условиям. После изготовления все блоки подвергаются контролю на специальных стендах. Эти стенды обеспечивают проверку области работоспособности блоков и, в значительной мере, качество пайки. Для этого проверка блоков производится при неблагоприятных отклонениях напряжений питания и в режиме вибрации блока на вибростенде. Схема контроля работоспособности блока построена таким образом, что при изменении хотя бы одного сигнала в серии во время проверки за допустимые пределы, она останавливается.

Основные разработчики унифицированных блоков «Азов 1» — Б. Ольхов, О. Потураев, А. Петров, Н. Парфенов. Источников питания — А. В. Виноградов.

### **Модули «Азов»**

Унифицированные модули «Азов» в составе: функционального модуля — прибора 162; модуля оперативной памяти — прибора 182; модуля долговременной памяти — прибора 183; коммутационных ящиков с индикацией — прибора ЯКМ-И созданы в НПО «Агат» в 1969 г.

Главный конструктор — д. т. н. Хетагуров Я. А., заместители главного конструктора — Парфенов Н. С., Лапыгин Е. Д.

Электронные модули «Азов» изготавливались с 1969 г. по 1972 г. на опытном заводе НПО «Агат» (Москва), с 1970 г. по 1980 г. на приборостроительном заводе «Равенство» (Ленинград), с 1970 г. по 1980 г. на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета» (Ульяновск).

Всего было изготовлено около 1800 модулей «Азов».



*Рис. 3.2-24*



*Рис. 3.2-25*

Электронные модули «Азов» обеспечили построение цифровых вычислительных систем, работающих с требуемой достоверностью выдаваемых данных, надежностью, быстродействием и объемами памяти.

На основе модулей «Азов» были построены вычислительные системы, которые составляли основу ряда функциональных систем, установленных на надводных кораблях и подводных лодках. На крейсерских атомных подводных лодках «Мурена», «Мурена-М» и «Кальмар» были установлены, построенные на модулях «Азов», функциональные системы:

1) для стратегических ракет комплексов Д—9, Д—9Д и Д—9Р, корабельные цифровые вычислительные системы (КЦВС) «Альфа 1», «Альфа 3», «Диана», «Альфа 3Д» (рис 3.2-24), «Атолл» (рис 3.2-25) и «Атолл АМ»;

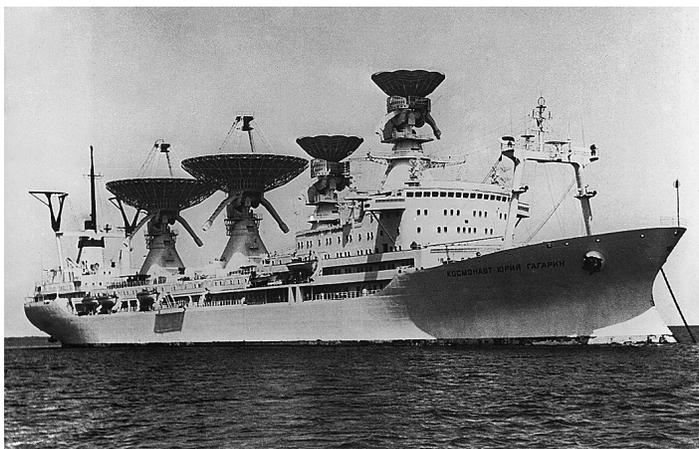


Рис. 3.2-26

Главным конструкторам КЦВС «Альфа 3» и КЦВС «Атолл» Хетагурову Я. А. и Карпову В. Н. были присуждены Ленинские премии.

2) для боевого информационного управления ПЛ и стрельбой торпедами — «Алмаз».

На надводных кораблях на модулях «Азов» были построены системы: для гидрографических работ «Майя 2», «Майя 2СГ», для управления оружием, обменом информацией, а также посадки самолетов и вертолетов «Аллея»—«НПО Марс», для управления антеннами корабельных измерительных комплексов — «Абрис» рис 3-2-26, «Апогей» и др.

На модулях «Азов» было построено более 20 различных функциональных систем Военно-морского флота.

Электронные модули являются конструктивно законченными приборами со своими источниками питания (вторичные источники питания), средствами контроля и индикации работы, в которых предусмотрено проведение автономной наладки и профилактических проверок.

Набор модулей «Азов» обеспечивает построение вычислительных систем с повышенной надежностью и с выявлением однократных ошибок и большинство многократных.

На основе модулей «Азов» можно было строить вычислительные системы со следующими характеристиками:

максимальный объем памяти	65536 чисел
минимальный объем оперативной памяти	4096 «
максимальный объем оперативной памяти	20480 «
максимальный объем долговременной памяти	61440 «
минимальный объем долговременной памяти	32766 «

минимальное быстродействие (используется одно ЗУ) — 60 тыс. коротких операций в секунду

быстродействие при двух модулях ЗУ — 120 тыс. операций в секунду

быстродействие при трех и более ЗУ модулей достигает 200 тыс. операций в секунду

быстродействие при применении двух функциональных модулей и более 5—6 модулей ЗУ с общей организации памяти может достигать 400 тыс. операций в секунду.

При работе модулей используется приточно-вытяжная вентиляция с температурой воздуха  $+20^{\circ}\text{C}$ — $25^{\circ}\text{C}$ . Потребление воздуха для модулей — от 450 до 600 м<sup>3</sup>/час.

Электронные модули — приборы должны выполнять свои функции при следующих условиях:

при вибрациях в диапазоне частот от 5 до 60 Гц при ускорении 1,5 g;

при ударах в 3-х плоскостях с ускорением 1000 g

при воздействии относительной влажности 95—98% при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

в диапазоне температур  $0^{\circ}\text{C}$  –  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

после нахождения в нерабочем состоянии при температуре  $-50^{\circ}\text{C}$  и  $+60^{\circ}\text{C}$  и последующей выдержке в нормальных условиях; при наличии брызг.

Конструкция прибора обеспечивала пронос модулей через люк диаметром 598 мм.

## **Принципы построения набора электронных модулей для создания вычислительных систем**

При создании набора электронных модулей необходимо, чтобы схема построения каждого модуля предусматривала возможность их или прямого подключения друг к другу, или через коммутационные ящики как для увеличения быстродействия и объемов памяти, так и для резервирования, обеспечивающего требуемую надежность работы вычислительной системы.

Для обеспечения требуемой достоверности информации в каждом модуле применяется аппаратный метод контроля выполнения операций по модулю «З». В вычислительной системе предусмотрены и программные методы контроля, которые выявляют характер неправильных данных: определяют сбой или неисправность и место неисправности, а при резервировании выдают сигнал на переключение. Такое построение модулей позволяет с увеличением их числа в вычислительной системе наращивать ее

ресурсы и обеспечивать формирование системы контроля и схем обмена информацией.

Основные принципы совместной работы модулей при выполнении программы вычислительной системой заключаются в следующем.

Весь процесс выполнения каждой команды в ВС разбивается на ряд этапов, выполнение которых поручается отдельным независимым устройствам ФМ и модулям ЗУ. Эти устройства могут работать друг с другом независимо и параллельно (одновременно). Таким образом, в ВС одновременно в различных устройствах и модулях ЗУ могут выполняться отдельные этапы 4-х команд, что повышает производительность вычислительной системы.

Подобная организация процесса выполнения команды получила наименование «конвейер». В тот момент, когда в одном из устройств выполняется операция, второе устройство выбирает число для второй операции; третье устройство подготавливает 3-ю команду, а четвертое устройство выбирает очередную команду из памяти.

Максимальная производительность ВС достигается в том случае, когда каждое устройство, выполняющее отдельный этап команды, работает без простоев.

В системе модулей «Азов» предусмотрено четыре независимых управляющих устройства: три из них находятся в функциональном модуле — приборе 162 и по одному в приборах ЗУ 182 и 183. Это обеспечивает одновременную обработку четырех команд (рис. 3.2-29).

Обмен информацией между устройствами и модулями производится по параллельной кодовой магистрали (КМ), которой управляет специальное устройство управления кодовой магистралью (УУКМ). Аппаратура кодовой магистрали и ее управления распределены по всем модулям «Азов». На блок-схеме они выделены в виде отдельного блока для удобства пояснения работы.

Каждое устройство начинает свою работу только тогда, когда ему будет передана вся необходимая информация для выполнения его функций. Эта информация включает: код операции или режим функционирования данного устройства, данные для обработки и адрес, по которому результат операции будет передан в другое устройство для дальнейшей обработки. При поступлении всей информации устройство местного управления устанавливает признак готовности данного устройства и начинает выполнение операции. По окончании операции информация передается по указанному адресу либо остается в устройстве. Если устройство, которому адресуется информация, еще не закончило выполнение предыдущей операции, то передачи не происходит до тех пор, пока адресат не освободится или информация не будет передана в буферный регистр. Работа каждого устройства считается оконченной только после передачи информации.

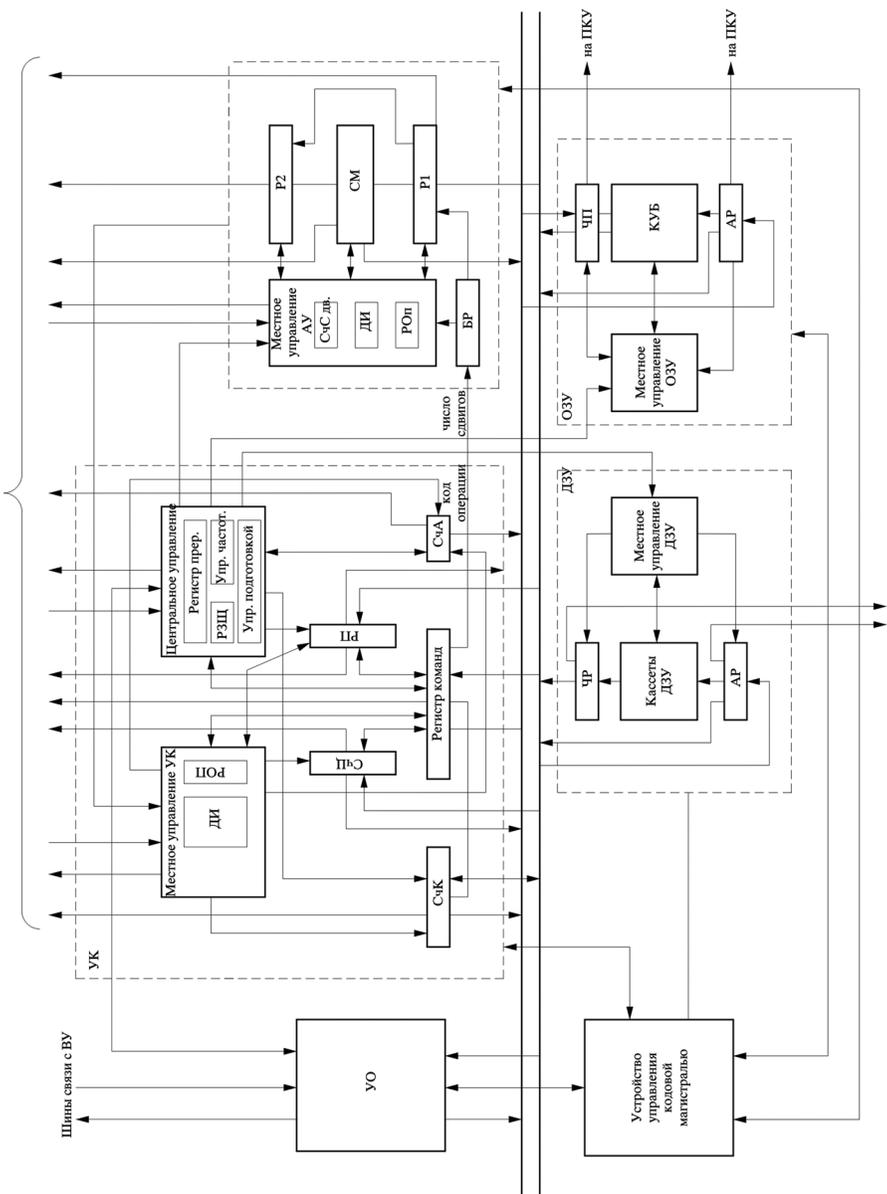


Рис. 3.2-29

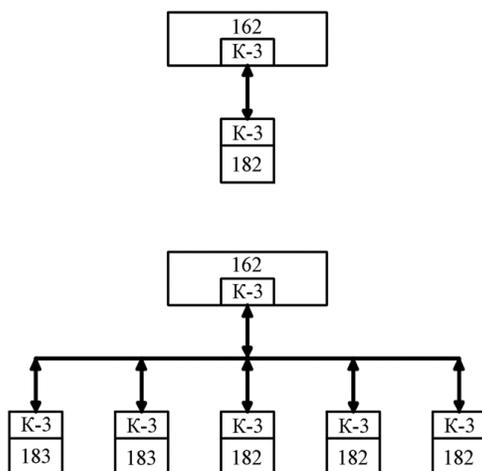


Рис. 3.2-30

Для нормальной работы двух «соседних» устройств каждое устройство имеет два признака: один «признак готовности», он уже упоминался, а другой — «признак занятости». Наличие единицы признака занятости указывает на занятость устройства и невозможность принимать порцию информации. Этот признак остается до тех пор, пока операция не будет выполнена полностью. Если «признак занятости» — нуль, то устройство готово принять порцию информации.

«Признак готовности» может сниматься, если необходимо прервать операцию из-за недостаточности каких-либо данных, и снова устанавливаться с их приходом.

Используя набор модулей «Азов», возможно построение различных по объему памяти, производительности и надежности работы вычислительных систем. На рис. 3.2-30 приведена блок-схема вычислительных систем без резервирования: одна в минимальной комплектации (а), другая в расширенной (б). Общее количество моделей ЗУ может изменяться от 1 до 6, в том числе модулей ДЗУ — 183 прибор — от 1 до 2, ОЗУ — 182 прибор — от 1 до 5. Общий объем памяти при этом не должен превышать 65 536 слов. Все передачи между модулями производятся по общей кодовой магистрали.

На рис. 3.2-31 приведена одна из возможных блок-схем вычислительной системы, в которой резервирование выполняется на трех уровнях: 1) на уровне модулей, 2) на уровне групп, состоящих из двух модулей, 3) на

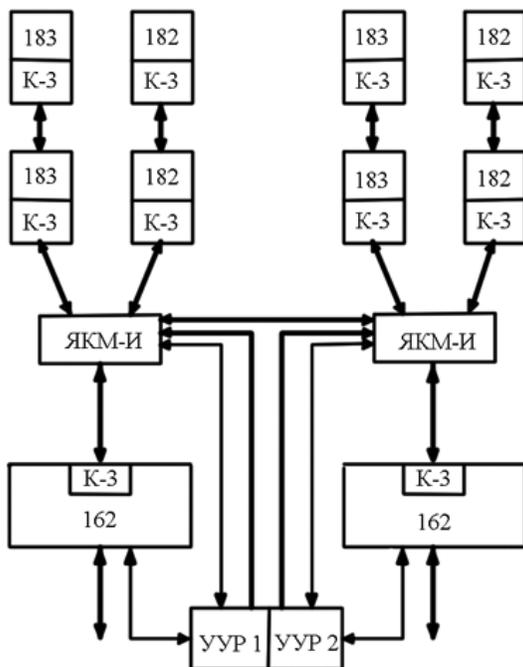


Рис. 3.2-31

уровне линеек, каждая из которых состоит из набора модулей и может независимо и одновременно выполнять разные программы.

Кратность резервирования по всем уровням равна двум. Эта блок-схема была использована для построения трех систем. На первом уровне (уровень модулей) резервирование производится для модуля 162 и УУР (устройство управления резервом).

Резервирование на уровне групп приборов выполнено для модулей ЗУ. Два модуля 183 объединены в пару и два модуля 182 тоже объединены в пару. Если в паре модулей выходит из строя один модуль, то производится замена на резервную пару.

При резервировании на уровне линеек организуются два независимых вычислительных контура: линейки в составе двух модулей 183, двух модулей 182, модуля ЯКМ-И, модуля 162 и УУР. Эти линейки могут между собой обмениваться информацией и представлять двухмашинную вычислительную систему без резерва.

Построение различных вычислительных систем требуемой надежности осуществляется путем использования необходимой кратности резервирования модулей, связь между которыми обеспечивается специально разра-

ботанными ЯКМ и УУР. Резервирование с заменой неисправных модулей на исправные производится автоматически в реальном масштабе времени, без нарушения вырабатываемых данных. В резерве модули ОЗУ — приборы 182 находятся в рабочем состоянии и в них ведется параллельно с основными модулями ОЗУ запись данных. При выходе из строя основного модуля ОЗУ всегда имеется резервный модуль с полной оперативной информацией.

#### **Форма представления чисел**

Числа, используемые в модулях «Азов», имеют 28 разрядов. Из них 24 разряда — мантисса, 2 — знак и 2 — контрольных. Числа представлены 26-ю разрядами в обратном модифицированном коде. Предусмотрена возможность размещения в одной ячейке двух чисел: одного с мантиссой 14 разрядов, 2-мя разрядами знака, и 2-мя контрольными; и другого числа — с мантиссой 8 разрядов и 2-мя разрядами знака, а также записи в ячейке памяти информации основных регистров и счетчиков. Расположение информации в ячейке памяти приведены на рис. 3.2-29.

#### **Структура команд**

Для эффективного проведения вычислений система команд имеет три различных формата. Все форматы команд размещаются в одной ячейке (рис. 3.2-33).

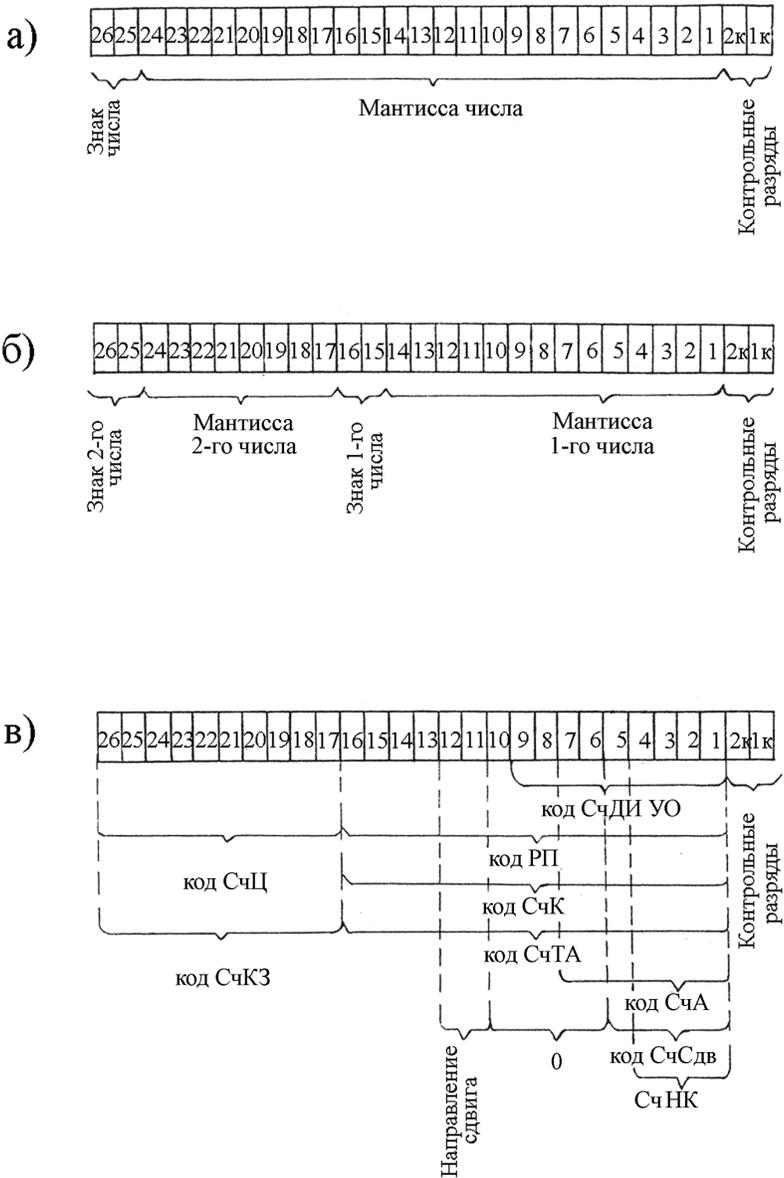
Команды первого формата содержат следующую информацию: 1 кр., 2 кр. — контрольные разряды, 1 р. — 16 р. — адрес числа; 17 р. — признак переадресации; 18 р., 19 р. — разряды признаков; 20 р. — 25 р. — код операции и 26 р. — признак характера обращения.

Рассмотрим подробнее влияние некоторых разрядов на организацию выполнения команды. Разряды признаков (18 р. и 19 р.) в зависимости от кодов фиксируют: при коде 00 — выполнение операций с полноразрядными числами; при коде 01 — выполнение операций с полноразрядным числом, находящимся в СМ, и с разрядами 17 р. — 26 р.; при коде 11 — операции с полноразрядным числом в СМ и с разрядами 1 р. — 16 р.; при коде 11 — выполнение двухадресных операций. При двухадресных операциях один адрес находится в адресной части команды, другой в счетчике адреса устройства команд (адрес магазинной памяти). Операции выполняются над полноразрядными числами.

В коде операции 25-й разряд указывает, что при «1» операция выполняется в АУ; при «0» операция выполняется в УК. При значении признака характера обращения (26-й р.) «0» число выбирается из основной памяти или записывается по адресу, указанному в команде. При значении «1» число выбирается или записывается в магазинную память.

Форматы № 2 и № 3 команд выполняются в основном в УК.

Второй формат — основной для операций, выполняемых в УК. В команде содержится следующая информация: 1 кр., 2 кр. — контрольные



Расположение чисел в ячейке памяти.

Рис. 3.2-32

Пр.	Код операций																призн.	П/а	Адрес числа																контр.
26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2к	1к								

а) Формат №1

Пр.	Код операций																П/а	Адрес числа, число																контр.
26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2к	1к							

б) Формат №2

	Код операций																	Код операций																контр.
26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2к	1к							

в) Формат №3

Рис. 3.2-33.

разряды; 1 р.—16 р. — адрес числа, либо само число; 17 р. — признак преадресации; 18 р.—25 р. — код операции; 26 р. — признак характера обращения.

Третий формат команды используется для управления и контроля. Все команды выполняются в УК и содержат следующую информацию: 1 кр., 2 кр. — контрольные разряды; коды операции 1 р.—19 р. и 18 р.—25 р.; разряды 26 р. и 17 р. — всегда «нули». Разряды 20 р.—25 р. в коде команды являются признаком формата и кодируются двоичным кодом, который не меняется в пределах целой группы операций управления (например, группа операций «Отказ»). Коды операций внутри группы отличаются только в 1—19 разрядах. Кодирование в этих разрядах производится унитарным кодом («1» записывается только в одном из 1—19 разрядов,

в остальных — «нули»). Если необходимо выполнить несколько операций управления, входящих в одну группу, то в разрядах 20—25 указывается код группы, а в разрядах 1—16, 18, 19, 26 и в разрядах, которые соответствуют данным операциям, ставится «1». В этом случае можно использовать только одну команду.

### **Состав команд**

Перечень команд ВС состоит из следующих групп:

- 1) арифметические команды,
- 2) логические команды,
- 3) команды передачи информации,
- 4) команды передачи управления,
- 5) команды переадресации,
- 6) команды ввода и вывода информации,
- 7) команды программного управления и контроля,
- 8) команды организации управления вычислительной системой,
- 9) циклические команды.

Всего набор включает 115 типов команд.

При формировании типов команд серьезное внимание обращалось на минимизацию числа команд в программах задач, предполагаемых к решению в вычислительных системах, построенных на модулях «Азов».

Для увеличения логических возможностей при организации вычислений и экономии числа команд в модуле 182 особо выделен массив в 64 ячейки (с 64 по 127), который используется в качестве магазинной памяти для запоминания промежуточных вычислений и показаний основных регистров при прерывании программы. Обращение к ячейкам магазинной памяти производится по адресу, вырабатываемому устройством команд, по признаку, указанному в команде. Предусматривается возможность обращений к данным ячейкам памяти обычным способом.

Для автоматической выборки адреса магазинной памяти в модуле 162 введен специальный реверсивный счетчик адреса (СчА). В исходном положении на СчА установлен адрес первой ячейки магазинной памяти. Если команда предусматривает запись в магазинную память, то в процессе ее выполнения число, предназначенное для записи, отсылается в ячейку, адрес которой находится на СчА, а в СчА добавляется «1». Таким образом, к моменту следующей записи в СчА стоит адрес следующей ячейки магазинной памяти, т. е. адрес свободной ячейки. Если команда предусматривает считывание из магазинной памяти, то из СчА вычитается «1», а затем производится считывание числа.

При записи промежуточных результатов вычислений в магазинную память, команды используются как двухадресные, что сокращает их число. В схеме предусмотрен механизм защиты магазинной памяти от переполнений.

При обработке массивов информации существенное сокращение числа команд достигается при применении группы циклических команд. Для осуществления этих команд необходима постановка в программе одной за другой двух команд. Первая — всегда команда «циклический режим», а следом любая из команд этой группы для выполняемого режима: «поиск числа перебором» или «стробирование», или «поиск числа делением пополам».

По первой команде «ЦР» в РП и СчЦ заносятся показания из ячейки, адрес которой указан в адресной части команды. В РП заносится или шаг, с которым будут выбираться числа (циклический режим), или начальный адрес массива чисел минус «1» (в команде ПЧД1 — начальный адрес), а в СчЦ — количество чисел в массиве в виде «512—n», где n — количество чисел.

Для команды ЦР» следующая команда может быть любая арифметическая, которая будет выполняться в цикле столько раз, сколько указано в СчЦ. Числа при этом будут выбираться с шагом, указанным в РП.

С помощью этой команды можно организовать ряд типовых режимов, например:

— «Обнуление ЗУ» — повторением команды «Запись числа из См в ЗУ» при «0» См,

— или «Групповое циклическое сложение» — повторением команды «Сложение с блокировкой переполнения»,

— или «Групповое сложение» — повторением операции «Сложение».

Для команды «поиск числа перебором» следующей командой может быть арифметическая, в результате выполнения которой в См остается число, необходимое для следующего выполнения этой же операции, и выработанный правильный признак «(». Может также быть команда «Сравнение», с помощью которой выполняется поиск в массив числа заданной величины, и команда «Нахождение меньшего», с помощью которой производится нахождение числа меньшего, чем число, находящееся в См.

Выполнение других команд этой группы производится аналогично рассматриваемым.

В модуле 162 предусматривается большой набор команд для программного управления и контроля (ЗУ). Особенностью этих команд является их прямая связь со структурой вычислительной системы. Поэтому их использование определяется наличием соответствующих модулей и каналов обмена в ВС.

### **Система контроля ВС**

Для обеспечения высокой достоверности выдаваемой информации набор модулей «Азов» охвачен сквозной системой программно-аппаратурного контроля. Блок-схема системы контроля приведена на рис. 3.2-34.

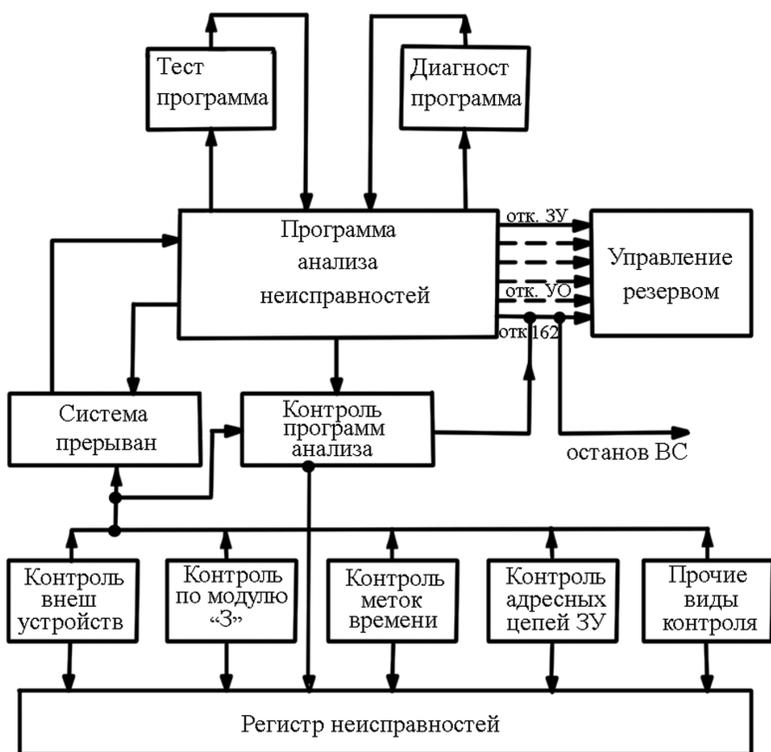


Рис. 3.2-34

Система программно-аппаратурного контроля выполняет:

- обнаружение всех одиночных ошибок;
- анализ каждого вида ошибок для выделения случайных;
- исправление случайных ошибок повторением участка программы;
- обнаружение места неисправности с точностью до узла машины.

Для проведения контроля используются следующие виды аппаратурного контроля:

- контроль внешних устройств;
- контроль по модулю  $Z$ ;
- контроль приема и обработки по меткам времени;
- контроль адресных цепей ЗУ;
- контроль выполнения программы анализа неисправностей и ряда цепей управления.

Сигналы неисправности объединяются и поступают в систему прерывания и в схему контроля выполнения программы анализа сбоев.

Появление сигналов неисправности связано с двумя причинами: случайной помехой или неисправностью схемы какого-либо модуля. При появлении сигнала неисправности прекращается выполнение основной программы и включается программа анализа. Эта программа организует повторение участка, на котором появился сигнал неисправности, используя контрольные метки. В ячейке контрольной метки записывается адрес первой команды участка программы, который необходимо повторить. Контрольные метки в программе расставляются программистом. В случае появления сигнала неисправности на участке программы между двумя контрольными метками, программа анализа осуществляет возврат к ближайшей метке и повторение участка основной программы.

Возникшая неисправность может иметь два последствия:

- программа анализа включилась и может выполняться;
- программа анализа не может выполняться.

В первом случае программа анализа повторяет выполнение участка программы и анализирует характер неисправности. Если неисправность не появляется, то считается, что ошибка случайная, т. е. произошел сбой. Тогда фиксируется место неисправности и продолжается выполнение основной программы. При систематическом появлении неисправности выдается команда «Отказ» для неисправного модуля ВС в управление резервированием, которое производит его замену или выдается команда «Останов».

Во втором случае, если программа анализа включиться не может, срабатывает схема контроля выполнения программы анализа, которая выдает сигнал «Отказ ФМ».

Подобная структура системы контроля совмещает работу аппаратурного и программного контроля, существенно уменьшает аппаратуру контроля, имеет незначительные затраты времени и обеспечивает высокую достоверность данных.

Кратко охарактеризуем приведенные виды аппаратурного контроля.

### **Контроль внешних устройств (ВУ)**

Этот контроль предусматривает возможность приема сигналов в устройство обмена от внешнего устройства о неисправности. Сигнал «Неисправность ВУ» может приниматься от каждого канала УО. Этот сигнал поступает в систему прерывания и происходит переход к программе анализа. Программа анализа по показанию регистра неисправности модуля 162 и основных регистров УО может определить по какому каналу и на каком слове произошла ошибка. Если у внешних устройств имеется регистр неисправности, программа может его записать в ЗУ машины для анализа и принятия решения.

Для контроля ВУ может быть применен также и тестовый контроль. Если система контроля ВУ обнаруживает неисправность внешнего устройст-

ва, то программа анализа выдает сигнал «Отказ», который через устройство управления резервом отключает неисправное внешнее устройство и включается резервное, или принимается решение об останове.

### **Контроль по модулю 3**

Этот контроль является основой всего аппаратурного контроля. Он обеспечивает при минимальных затратах оборудования контроль выполнения арифметических и логических операций, работу счетчиков и передающих цепей. В наборе модулей «Азов» выполнение всех арифметических операций, работа всех счетчиков и все основные передачи между модулями и устройствами контролируются по модулю 3. Для этого все регистры, счетчики и ячейки запоминающих устройств имеют дополнительно по два контрольных разряда, в которых записывается инвертированный остаток от деления на 3 показания соответствующего регистра, счетчика и ячейки памяти. В контрольных разрядах разрешается при комбинации кодов для записи остатка

- 10 — для записи остатка равного «1»,
- 01 — для записи остатка равного «2»,
- 11 — для записи остатка равного «0»,
- 00 — неразрешенная комбинация кодов.

Определение остатка от деления на модуль 3 производится на контрольном устройстве, представляющем сумматор параллельного типа, который подключен к каналам кодовой магистрали. Сигнал неисправности вырабатывается в том случае, если выделенный с контрольного устройства остаток для значащих разрядов не совпадает с показанием контрольных разрядов, и если в контрольных разрядах появляется комбинация «00».

Контрольное устройство работает параллельно с другими устройствами модуля и практически не влияет на его временные характеристики.

Контрольное устройство, установленное в модулях 182—1 и 183, выполняет дополнительную функцию, связанную с объединением контроля работы адресных и разрядных схем. Для контроля неисправностей, приводящих к обращению по ложному адресу, используется суммирование контрольных разрядов по модулю 3 кода адреса и контрольные разряды по модулю 3 кода числа. Полученная сумма контрольных разрядов адреса и числа записывается в контрольные разряды числа. Этот способ решает одну из сложных задач контроля соответствия считанного числа и его адреса.

### **Контроль по меткам времени**

При возникновении неисправности или сбоя в цепях управления кодовой магистралью, в цепях, связанных с организацией работы модулей, при останове или заикливание УО, производится остановка работы ВС. Для запуска программы контроля в этом случае используются метки времени, принимаемые по одному из каналов УО. Интервал времени между метками времени от какого-либо независимого источника выбирается так, что-

бы при правильном выполнении программы в машине обязательно должна быть принята очередная метка времени до начала выполнения следующей операции или начала выполнения следующего цикла. Если в момент появления очередной метки времени окажется, что предыдущая метка еще не принята, то вырабатывается сигнал неисправности и происходит автоматический переход к программе анализа.

### **Контроль адресных цепей ЗУ**

Этот контроль определяет неисправности в работе дешифраторов, которые приводят:

— к отсутствию импульса тока в выбранной цепи координат блока памяти;

— к наличию импульса тока в нескольких цепях координат блока памяти для модуля 182—1;

— к наличию импульса тока в цепи координаты блока памяти, не соответствующей коду адреса (обращение по ложному адресу) для модулей 182—1 и 183.

Первые две неисправности определяются с применением специальных контрольных схем, которые вырабатывают сигналы неисправности при нарушении определенных соотношений.

Выявление неисправности при обращении по ложному адресу (третья неисправность) является сложной задачей, так как она может произойти из-за отказов в регистре адреса или в дешифраторе адреса. Эта неисправность определяется для приборов ЗУ с использованием модуля 3.

### **Контроль выполнения программы анализа неисправностей**

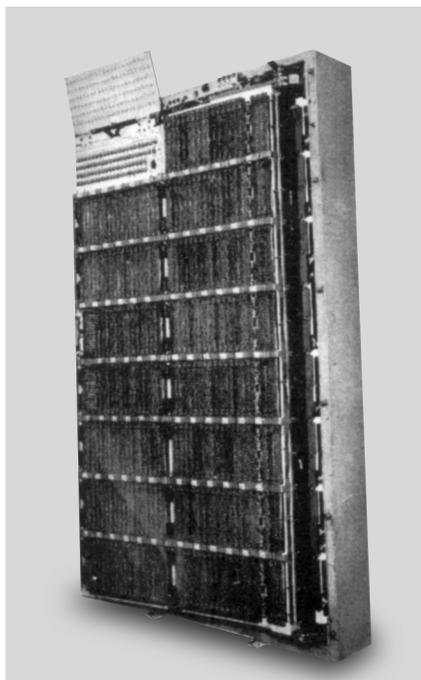
После обнаружения неисправности цепями контроля система прерывания включает программу анализа. Если неисправность была случайной (сбой), то программа анализа повторяет участок основной программы, и вычисление задачи продолжается дальше. Если программа анализа не выполняется в результате неисправности аппаратуры, то нужно установить этот факт и выдать сигнал отказа. Для этой цели в модуле 162 имеется аппаратный счетчик сбоев (СчСб). Когда система прерывания включает программу анализа сбоев, то специальным сигналом устанавливает СчСб в «0», и блокируется поступление сигналов неисправности на СчСб с других устройств. На СчСб начинают поступать метки времени, происходит переполнение СчСб и выдается сигнал отказа модуля 162.

Рассмотрим принципы построения и работу каждого модуля «Азов».

### **Прибор 162**

Функциональный модуль — прибор 162 рис 3-2-35 — является основным вычислительным и управляющим прибором набора модулей «Азов».

Прибор 162 предназначен для осуществления всех операций, необходимых для выполнения программ решения задач, для обеспечения обмена информацией между модулями по кодовой магистрали параллельными ко-



*Рис. 3.2-35*

дами и проведения обмена с внешними устройствами по 12-ти независимым каналам связи. Из них 8 каналов для последовательного обмена (4 — на прием и 4 — на выдачу) и 4 канала для параллельного обмена информацией ( 2 — на прием и 2 — на выдачу). Прибор 162 занимает объем 0,7 м<sup>3</sup>, весит 450 кг, потребляет 1 кВт, питается напряжением 220 В, 3Ф, 427 Гц. Для охлаждения подается 600 м<sup>3</sup>/час воздуха температурой плюс 20—25° С.

В функциональный модуль (ФМ) (рис. 3.2-36) входят три устройства и система его питания. Первое устройство — устройство команд; второе — арифметическое устройство; третье — устройство обмена. Каждое устройство имеет свою схему управления (местное управление) и может работать параллельно и независимо от остальных устройств.

Рассмотрим состав и функции, выполняемые каждым устройством (рис. 3.2-37).

#### **Устройство команд (УК)**

Устройство команд производит выборку очередной команды и ее предварительную расшифровку для модификации адреса и выполнения ряда команд управления, а также контроля, логических переходов и т. д. УК мо-

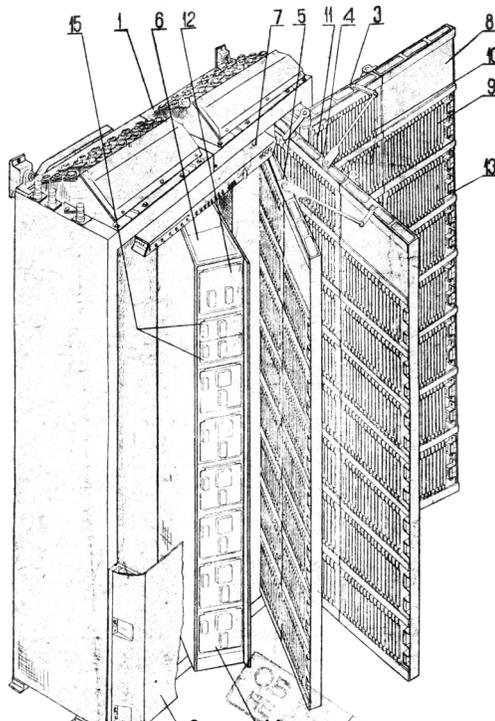


Рис. 3.2-36

жет независимо от других устройств обращаться в ЗУ за очередной командой или за числом для выполнения операции. УК состоит из:

- регистра команд (РК), предназначенного для выбора очередной команды и, при необходимости, для осуществления переадресации адресной части команды. Адресная часть РК выполнена в виде сумматора;

- счетчика команд (СчК), предназначенного для выработки адреса очередной команды;

- регистра переадресации (РП), предназначенного для хранения константы переадресации;

- счетчика циклов (СчЦ), предназначенного для подсчета числа циклов при переадресации и при выполнении циклических операций;

- счетчика адресов (СЧА) — для выработки адреса магазинной памяти;

- центрального управления, которое включает в себя:

- устройство выработки частот;

- устройство управления подготовкой операции;



— регистр прерывания (Рпрер) — для установки вида внешнего прерывания программы;

— регистра защиты (РЗщ) — для защиты от прерываний программы прерывания;

— местного устройства управления, состоящего из датчика импульсов, вырабатывающего серии импульсов для микроопераций, и регистра операции, который работает совместно с датчиком импульсов;

— местного пульта управления и контроля, используемого при профилактических проверках устройства.

#### **Арифметическое устройство (АУ)**

АУ выполняет основные арифметические и логические операции. АУ имеет свое местное устройство управления и может выполнять 32 различные операции (без учета модификаций) независимо и параллельно с другими устройствами.

АУ состоит из:

— сумматора (СМ), выполняющего суммирование кодов чисел;

— регистра 1 для приема чисел и для хранения одного из слагаемых при выполнении операции сложение или вычитание, множимого — при операции умножение или делителя — при операции деление;

— регистра 2 для хранения множителя при выполнении операции умножение и частного при операции деление;

— буферного регистра (БР) для временного хранения кода операции и признаков местного управления;

— датчиков импульсов (ДИ), который вырабатывает серии импульсов микроопераций, и регистра операций, работающего совместно с ДИ;

— счетчика сдвигов (СчСдв) для подсчета внутренних циклов в операциях «сдвиг», «умножение» и «деление». Операция «умножение» выполняется по схеме одновременного умножения на два разряда;

— местного пульта управления и контроля, который используется при профилактических проверках устройства.

#### **Устройство обмена (УО)**

УО организует ввод и вывод информации в машину по независимым каналам обмена. Независимые каналы могут работать как на частотах абонентов, так и на частоте УО. Устройство обмена имеет свое местное устройство управления с ДИ, что позволяет вводить в ЗУ и выводить из ЗУ информацию одновременно с выполнением основной программы.

УО состоит из:

— регистра обмена (РО), принимающего и выдающего информацию по 12 каналам связи;

— счетчика с датчиком импульсов, вырабатывающего сигналы управления;

- счетчика текущего адреса (СчТА), выполняющего хранение текущего адреса ЗУ;
- счетчика конца зоны (СчКЗ), производящего подсчет количество слов массива обмена;
- схемы приоритета, состоящей из:
- регистра готовности программы (РГП), который указывает, по какому каналу программа готова выполнить обмен;
- счетчика номера каналов (СчНК) для последовательной проверки готовности регистра РГП;
- схемы опроса канала, показывающей, по какому каналу внешнее устройство готово произвести обмен;
- местного пульта управления и контроля, который используется при профилактических проверках устройства.

Для уменьшения объема электронного оборудования устройств прибора 162 использовался оригинальный датчик импульсов. Он состоял из двух частей: дешифратора, преобразующего двоичный код в унитарный, и распределительной схемы, которая формировала сигналы управления схемами. В датчике применялся оригинальный импульсный дешифратор с избыточностью (авт. свид.), построенный на суммировании инверсных импульсных напряжений на трансформаторах. Дешифратор имел 128 выходных шин. Длительность суммируемых импульсов 0,1—0,2 мкс. Выходные сигналы имели ту же длительность.

Мощность сигнала на выбранной шине дешифратора обеспечивала возможность его распределения через импульсные трансформаторы без использования усилителей.

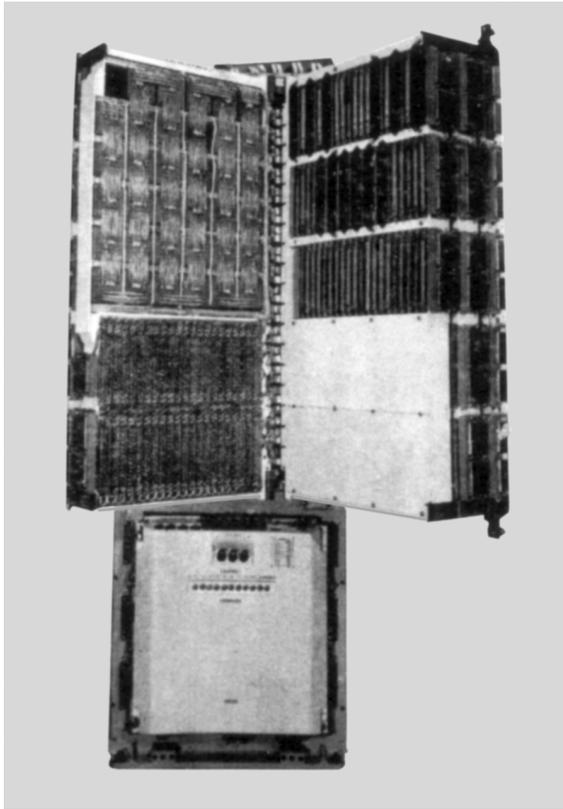
*Устройство питания прибора 162* вырабатывает стабилизированные напряжения питания, осуществляет защиту логических блоков от перенапряжений и коротких замыканий, а также выполняет программное включение и выключение номиналов напряжения.

Устройство вырабатывает следующие стабилизированные номиналы напряжений:  $-0,25\text{ В}$ ,  $+1,5\text{ В}$ ,  $-6,3\text{ В}$ ,  $-7\text{ В}$ ,  $-12,6\text{ В}$  и питается от сети напряжения 220 В, 3Ф, 427 Гц и 27 В постоянного напряжения. Среднее время между отказами 3 тыс. часов.

### **Прибор 182-1**

Модуль оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) — прибор 182—1 (Рис 3.2-38) предназначен для временного хранения информации в виде 28-ти разрядных чисел. Объем ОЗУ составляет 4096 чисел, время обращения — 4 мкс. Прибор 182—1 занимает объем  $0,52\text{ м}^3$ , весит 380 кг, потребляет 0,8 кВт. Питается напряжением 220 В, 3Ф, 427 Гц. Для охлаждения подается  $430\text{ м}^3/\text{час}$  воздуха, температурой  $+ (20—25^\circ\text{С})$ .

В состав модуля 182—1 входят:



*Рис. 3.2-38*

— местное устройство управления (МУУ), которое организует работу модуля и осуществляет его независимое и параллельное с другими модулями функционирование;

— адресный регистр (АР) с блоком адресных дешифраторов, который служит для приема и хранения адреса ячейки, хранящей число, и производит дешифрацию адреса;

— числовой регистр (ЧР), служащий для приема и промежуточного хранения чисел;

— куб ОЗУ, служащий для хранения информации, в котором используются ферритовые кольца с прямоугольной петлей гистерезиса;

— регистр неисправности (РН), в котором регистрируются признаки неисправности модуля;

— корректор, использующий код Хемминга, для контроля и исправления одиночной ошибки выбранного из куба числа и для контроля принимаемых данных;

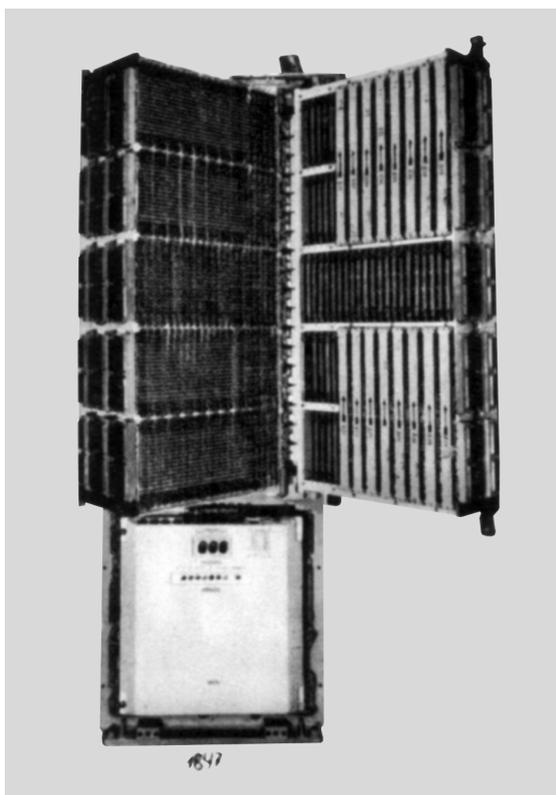


рис. 3.2-39

— местный пульт управления и контроля, который используется при профилактических проверках модуля;

— устройство питания прибора 182—1, вырабатывающее стабилизированные напряжения и осуществляющее защиту блоков от перенапряжений и коротких замыканий, а также производящее программное включение и выключение номиналов питания. Устройство питания вырабатывает следующие стабилизированные номиналы напряжения: +0,25 В, +1,5 В, -1,5 В, -6,3 В, +3В, -7,8 В, -12,6 В, -40 В, +12,6 В и питается от сети напряжением 220 В, 3Ф, 427 Гц и 27 В постоянного напряжения. Среднее время между отказами 4 тыс. часов.

### **Прибор 183**

Модуль долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) — прибор 183 (рис. 3.2-39) предназначен для долговременного хранения информации — команд и констант, представленных в виде 28-ти разрядных чисел. Объем модуля-прибора 183 — 32768 слов. Время обращения

1,3 мкс. Запись числа осуществляется путем прошивки кассет ДЗУ, согласно таблицам прошивки. Из ДЗУ производится только считывание информации.

Прибор 183 занимает объём 0,52 м<sup>3</sup>, весит 400 кг, потребляет 0,7 кВт. Питается напряжением 220 В, 3Ф, 427 Гц. Для охлаждения подается 400 м<sup>3</sup>/час воздуха температурой 20—25°С.

В состав модуля 183 входят:

- местное устройство управления (МУУ) прибора, которое вырабатывает все необходимые сигналы для работы модуля и обеспечивает его независимое и параллельное с другими модулями функционирование;

- адресный регистр с блоком адресных дешифраторов, который служит для временного хранения кода адреса и его дешифрации;

- числовой регистр, предназначенный для временного хранения числа;

- блок кассет накопителя, в которых хранится информация. В каждой кассете записывается 512 чисел;

- регистр неисправности (РН) для регистрации признаков неисправности;

- контрольное устройство, проверяющее правильность информации, обмениваемой между модулем 183 и другими модулями ВС;

- устройство питания, вырабатывающее стабилизированные напряжения и защищающее логические блоки от перенапряжений и коротких замыканий, а также выполняющее программное включение и выключение номиналов питания. Устройство питания вырабатывает стабилизированные напряжения питания блоков следующих величин: +0,25 В, +1,5 В, -1,56 В, -6,3 В, -7,8 В, -12 В, -40 В, +12,6 В и питается от сети напряжением 220 В, 3Ф, 427 Гц и 27 В постоянного напряжения. Среднее время между отказами 6 тыс. часов.

### **Прибор ЯКМ-И**

Прибор ЯКМ-И (ящик коммутационный с индикацией) предназначен для коммутации информационных и управляющих сигналов между модулями 162, 182, 183 и устройством управления резерва. Эти приборы необходимы при построении вычислительной системы с резервированием модулей. Каждая структура вычислительной системы использует свои приборы ЯКМ-И.

Приборы ЯКМ-И обеспечивают:

- обмен информацией между модулями системы и УУР;

- переключение и включение модулей для работы в определенных режимах, визуальный контроль при профилактических проверках.

Прибор ЯКМ-И состоит из:

- устройств коммутации цепей кодовой магистрали (КМ) и управляющих сигналов КМ;

- схемы распределения частот;

- счетчика прерываний для контроля прерываний по меткам времени;
- схемы останова;
- схемы распределения потенциалов управления резервированием;
- пульта контроля и управления, который используется при отладке программ, при профилактических проверках ВС;
- устройства питания, вырабатывающего стабилизированные напряжения для питания логических блоков, и схемы для их защиты от перенапряжений и коротких замыканий. В устройстве предусматривается программное включение и выключение номиналов питания.

Устройство питания вырабатывает стабилизированные напряжения питания следующих величин: +0,25 В, +1,5 В, -6,3 В, -7 В, -12,6 В и подключается к сети напряжением 220 В, 3Ф, 427 Гц и 27 В постоянного напряжения.

### **Конструкция модулей «Азов»**

Особенностью конструкции модулей «Азов» являлось требование загрузки приборов через типовой люк подводной лодки диаметром 598 мм, применение створок для установки блоков и отдельное расположение источников вторичного питания в модуле. В наборе модулей «Азов» были использованы три конструкции модулей: модуль прибора 162, модуль приборов 182 и 183 и модуль ЯКМ-И. Все эти модули были построены по выше описанным принципам, но отличались числом установленных в них блоков, размерами и числом створок. Прибор 162 для проноса в люк и транспортировки делится на две части, которые потом соединяли на ПЛ. На рис. приведен общий вид конструкции.

Прибор 162 (рис. 3.2-36) состоит из корпуса (1), собранного из двух каркасов, крышки (2), трех створок: первая АУ (3), вторая УК (4) и третья УО (5); секции питания (6), пульта контроля и управления питанием (7). Все три створки укреплены на шарнирах, установленных в корпусе. Каждую створку можно снять с шарнира и сложить для транспортировки. Цепи для подачи сигналов и питания на створки вставляются в плоские резиновые жгуты, которые располагаются на раме створок. Створки для удобства отладки и профилактических работ открываются: первая на 135° относительно ее рабочего положения и закрепляются фиксатором; вторая на 90° относительно первой и закрепляется своим фиксатором; третья — остается закрепленной к корпусу или может быть открыта вместе со второй створкой.

На верхней плоскости корпуса прибора установлены две коммутационные коробки для подключения цепей внешних связей и четыре штепсельных разъема для подключения питания. Сигнальные цепи со створок через плоские резиновые жгуты — ремни разводятся на внутренней стенке шкафа и передаются в коммутационные коробки.

В нижний отсек подведена вентиляция и имеются щели с заслонками для регулирования подачи воздуха для каждой створки. Каждая створка прибора является законченным устройством с местным пультом контроля и управления (8). В створке может быть установлено до 270 унифицированных блоков (13). Створка имеет 8 этажей, в каждом этаже два субблока: левый (9), правый (10) и три блока для отключения цепей (11). Секция питания включает: 8 стабилизаторов — 6 серии «А» (14) и две серии «Б» (15), а также устройство контроля питания (12). Эта секция для обслуживания может поворачиваться на 60° и закрепляться.

Унифицированные блоки «Азов 1» устанавливаются в субблоки створок и после отладки запаиваются. В субблоках унифицированы шины подачи питания. Четыре первых и четыре последних ламели разъемов предусмотрены для этих целей. Таким образом, из 38 ламелей каждого разъема для сигнальных цепей можно использовать только 30.

Приборы 182—1 и 183 имеют одинаковую конструкцию шкафа, который разделен на два отсека: верхний отсек с логическими элементами, нижний отсек — отсек питания.

Верхний отсек состоит из пяти створок, навешенных одна на другую при помощи петель (книжная конструкция) и связанных с корпусом промежуточным шарниром. Каждая створка представляет собой раму, на которой установлено пять субпанелей с 22-мя разъемами в каждой.

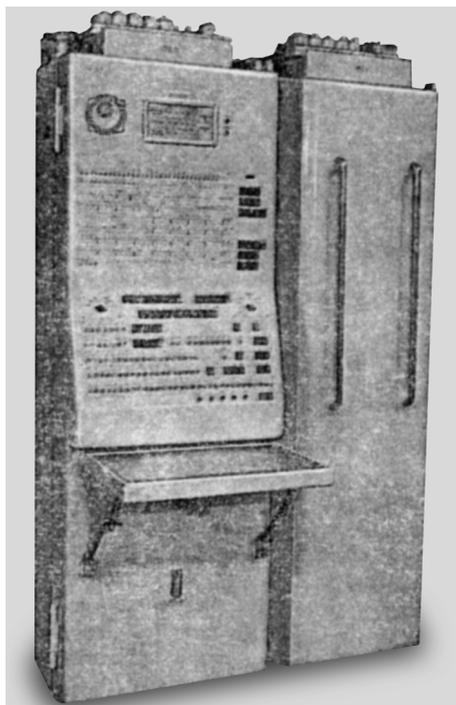
Для передачи гибких связей между створками служат резиновые плоские жгуты — ремни. На первой створке в верхнем этаже установлен местный пульт контроля и управления. Створки через установленные на них упоры прижимаются к корпусу четырьмя болтами. При выкатывании куба, состоящего из пяти створок, на 135° из шкафа, он закрепляется фиксатором, установленном на корпусе. При помощи фиксаторов, установленных на створках, они могут раскрываться на 60° и 90° и фиксироваться друг относительно друга.

В отсеке питания располагается 8 ячеек стабилизаторов и одна ячейка под блок управления. Весь отсек закрывается пультом контроля питания.

В приборе 182—1 на второй створке закреплен куб ОЗУ. На потолке прибора и на полу имеются фланцы для подключения системы вентиляции и заслонки со щелями для регулировки подачи воздуха. Для регулирования температуры подача охлажденного воздуха в верхний и нижний отсеки производится отдельно. Рис. 3.2-38.

В приборе 183 (рис. 3.2-39) на каждой из четырех створок размещается по 16 кассет ДЗУ. Каждая кассета состоит из 512-ти 28-ми разрядных чисел и занимает четыре разъема.

Основные разработчики унифицированных модулей «Азов» — Н. Каневская, Г. Соснин, А. Виноградов, О. Росницкий, А. Иванов, Б. Микаэ-



*Рис. 3.2-40*

лян, Ю. Корбашев, Г. Сивков, М. Иванова, Е. Писарев, В. Кондратов, Г. Калиш, А. Силкин, И. Кац, А. Атовмян, В. Федоров.

### **Семейство систем, построенных на машинах Атака, Арка-Арфа — Омнибусы, Альт, Акация, Айлама, Напев, Арбат**

#### **СЦВМ «Атака»**

Специализированная цифровая вычислительная машина «Атака» (МВМ-012) (рис. 3.2-40) создана в 1974 г. в НПО «Агат». Производство машин началось с 1976 г. на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета». Машина «Атака» выпускалась до 1990 г. и было изготовлено 255 машин.

Главный конструктор — Малишевский В. В., заместители главного конструктора — Яковлев А. А., Кугутов Б.

В машине применялась двоичная система представления чисел с фиксированной запятой. Количество разрядов — 32. Предусмотрена работа со

словами двойной длины (64 разряда), с полусловами (16 разрядов) и с восьмиразрядной буквенной информацией.

Система команд — двухадресная, двухформатная. Разрядность команд — 32 разряда для команд I формата и 16 разрядов для команд II формата.

Состав операций унифицированный, соответствует ОСТ 5.8307—73. Число операций — 56; из них 16 арифметических операций, 7 логических операций, 19 операций пересылки, 6 операций сдвига, 8 операций управления.

В машине имелась:

- быстродействующая память — 16 32-разрядных регистров БРг многофункционального назначения;
- аппаратный метод переадресации с использованием БРг в качестве индексных регистров (от 1 до 15);
- система прерывания программ;
- аппарата, обеспечивающая машинное резервирование.

Быстродействие при записи программ в ДЗУ — 200 тысяч коротких операций в секунду при обращении к ОЗУ (команды I формата) и 550 тысяч коротких операций в секунду при обращении к буферу чисел (команды II формата). При записи программ и чисел в ОЗУ быстродействие — 100 тысяч коротких операций в секунду.

Время выполнения операций:

- сложение I формата — 5 мкс;
- сложение II формата — 1,8 мкс;
- умножение — 23 мкс;
- деление — 44 мкс.

Оперативное запоминающее устройство — на ферритовых сердечниках. Емкость ОЗУ — 16 тысяч 36-разрядных слов (32 информационные, 2 для контроля числа, 2 для контроля адреса). Время выборки — 1,5 мкс, время цикла — 3,9 мкс.

Долговременное запоминающее устройство — трансформаторное, на П-образных сердечниках. Емкость ДЗУ — 64 тысяч 36-разрядных слов. Время обращения — 1,5 мкс.

В ЦВМ предусматривается возможность наращивания памяти до 256 тысяч слов с подключением внешних приборов памяти 182—3 — ОЗУ 64 тысяч слов, 183 — ДЗУ 128 тысяч слов (2×64 тысяч), 184 — ОЗУ 32 тысячи слов и ДЗУ 64 тысяч слов или любых других приборов, имеющих электрическую и информационную совместимость с МВМ—012.

В машине предусмотрено 2 параллельных и 2 последовательных канала обмена. Скорость обмена по последовательному каналу — 20 тыс. слов в секунду, по параллельному каналу — 94 тыс. слов в секунду.

В машине имелся оперативный сквозной аппаратурный контроль по модулю 3, тестовый контроль. Контроль обмена — по модулю 3, по четности, без контроля.

Обнаружение места неисправности — с точностью до одного-двух блоков (в редких случаях — до нескольких блоков) с помощью системы автоматизированного поиска на основе аппаратурного контроля, тестовых и диагностических программ.

Среднее время поиска и устранение неисправности — 20 мин. Среднее время готовности ЦВМ с момента включения — 1,5 мин.

Среднее время между отказами — 1700 ч. Срок службы не менее 10 лет. Ресурс до заводского ремонта — 27 тыс. ч (обеспечивается заменой элементов, имеющих меньший ресурс).

Условия эксплуатации:

- виброустойчивость в диапазоне частот 5—120 Гц с ускорением 2g;
- воздействие одиночных ударов с ускорением 1000g;
- вибропрочность в диапазоне частот 20—120 Гц с ускорением 2g;
- циклическое изменение температуры от +65 до -50°C;
- относительная влажность 95—98% при температуре +40°C;
- холодоустойчивость при рабочей температуре -10°C и предельной температуре -50°C;
- воздействие инея и росы при температуре -20±5°C;
- теплоустойчивость при рабочей температуре +50°C и предельной температуре +65°C;
- воздействие морского тумана при температуре +27±2°C.

Потребляемая мощность от сети 1,5 кВт. Питание производится от трехфазной корабельной сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 400 Гц. Допускаются колебания сети: ±5% при длительных отклонениях и от +13% до -25% при кратковременных отклонениях по напряжению, а также от +4% до -6% по частоте.

Габариты 1800×1076×516 мм. Масса 520 кг. Площадь обслуживания 0,65 м<sup>2</sup>.

Машина состоит из двух шкафов рис. 3.2-41, соединенных механически и электрически. Каждый шкаф грузится через стандартный люк 598 мм.

Вентиляция — приточно-вытяжная с температурой входящего воздуха 18+5°C и расходом 700 м<sup>3</sup>/ч.

В состав СЦВМ «Атака» входят следующие устройства:

- устройство команд (УК);
- арифметическое устройство (АУ);
- 16 буферных регистров общего назначения (БРГ);
- устройство прерывания программ (УПП);
- устройство обмена (УО);
- устройство переключения на резерв (УПР);

- блоки микропрограммного управления (БМУ);
- ферритовое оперативное запоминающее устройство емкостью 16К слов (ФОЗУ-16);
- долговременное запоминающее устройство емкостью 64К слов (ДЗУ-16);
- устройство аппаратурного контроля (УАК);
- устройство питания (УП);
- пульт контроля и управления (ПКУ).

Устройство команд осуществляет с помощью счетчика команд выборку команды и числа из ЗУ на регистр команд и числовой регистр, обеспечивает связь с внутренними и внешними устройствами памяти, расшифровывая адрес и определяя номер устройства ЗУ, разрешает конфликтные ситуации при одновременном обращении двух абонентов к одному ЗУ.

Арифметическое устройство предназначено для выполнения арифметических и логических преобразований над числами, участвующими в операции, а также используется для выполнения операции «Переадресация 1», результатом которой является получение исполнительного адреса одного из операндов, и, кроме того, участвует в операциях управления и передачи информации. АУ оперирует с полноразрядными словами, полусловами, буквами, а также со словами двойной длины.

Буферные регистры используются для записи и хранения операндов, промежуточных результатов, в качестве индексных регистров и счетчиков циклов.

Устройство прерывания программ предназначено для приема сигналов прерывания от внешних и внутренних источников на регистр прерывания программ и для выделения с помощью схемы приоритета старшей по приоритету причины прерывания. УПП обеспечивает прерывание текущей программы и переход к прерывающей программе. С помощью регистра масок УПП переход к прерывающей программе может быть задержан до тех пор, пока не будет выполнена текущая программа.

Устройство обмена обеспечивает связь с внешними устройствами и обмен информацией с ними по четырем каналам связи, среди которых два канала последовательные (передача информации происходит последовательным кодом), а два канала параллельные (передача информации происходит параллельным кодом). Каналы связи в селекторном режиме обеспечивают одновременную работу только с одним внешним устройством. Устройство обмена может осуществлять одновременную выдачу или прием данных по одному последовательному и одному параллельному каналу.

Устройство переключения на резерв обеспечивает совместное функционирование двух машин, при которой одна назначается основной, другая — резервной. В режиме «Основная машина» ЦВМ выполняет рабочие программы, в режиме «Резервная машина» — специальные тесты

резервного режима, предназначенные для контроля аппаратуры ЦВМ. При возникновении отказа в основной машине УПР осуществляет переключение резервной машины в режим основной машины, при этом выполнение текущей программы продолжается.

Управление ЦВМ производится блоками микропрограммного управления, включающими в себя генератор тактовых частот и схемы микропрограммного управления. БМУ осуществляют предварительную расшифровку команды, управление выполнением операции, управление обращением к ЗУ за операндом, опрос причин прерывания и переход на микропрограмму обработки причины прерывания.

Ферритовое оперативное запоминающее устройство емкостью 16 тысяч слов предназначено для записи и хранения исходной информации, промежуточных результатов, а также команд и имеет три режима работы: запись, считывание и считывание с гашением.

Долговременное запоминающее устройство емкостью 64 тысяч слов предназначено для хранения команд и констант и обеспечивает только один режим работы — считывание информации. Введение новой информации в ДЗУ обеспечивается перепрошивкой сердечников.

Устройство аппаратурного контроля осуществляет сквозной оперативный контроль выполнения операций в ЦВМ по модулю 3. Возникновение одиночного отказа в машине обнаруживается УАК; название отказавшего устройства фиксируется в регистре неисправностей и индицируется на ПКУ.

Устройство питания предназначено для преобразования нестабилизированного переменного трехфазного напряжения 400 Гц, 220 В в стабилизированные постоянные напряжения для питания функциональных устройств ЦВМ, защиты устройств от аварийных режимов и централизованного управления приборами ЦВМ с ПКУ и технического пульта системы.

Пульт контроля и управления предназначен для проверки работоспособности ЦВМ и комплексной отладки рабочих программ. ПКУ состоит из панели индикации для визуального контроля работы отдельных узлов и всей машины в целом и панели управления, позволяющей с помощью кнопок и тумблеров задавать тот или иной режим работы или проверки ЦВМ.

Общий вид ЦВМ показан на рис. 3.2-40. Аппаратура машины размещена в двух шкафах; в левом шкафу расположен ПКУ.

Размещение устройств в шкафах ЦВМ приведено на рис. 3.2-41.

СЦВМ «Атака» построена на интегральных схемах средней степени интеграции серий 133, 130, 146, 109, 136.

Типовым элементом замены в машине являлся блок рис 3.2-42, представлявший собой раму из дюраля. В блоке устанавливались ячейки трех типоразмеров. Связь между ними осуществлялась жгутами. Блок имел 4 разъема ГРПМ2 с 62 контактами по два с противоположных сторон.

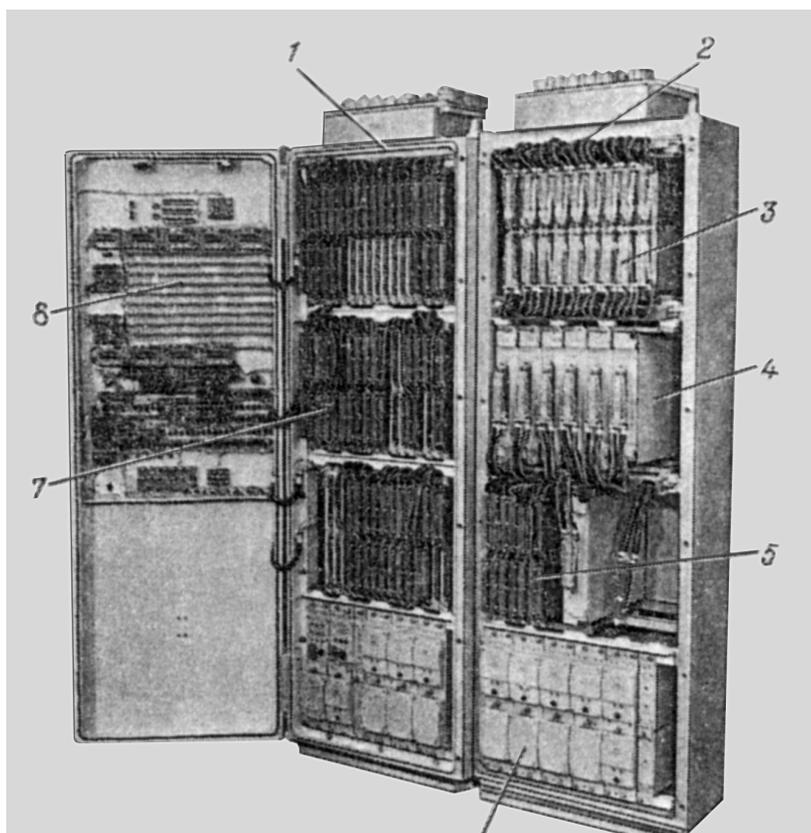


Рис. 3.2-41

Связь между блоками в шкафу выполнялась проводным монтажом. В шкафу предусматривалось четыре этажа, в которых устанавливали ТЭЗы и устройства питания.

Ячейки печатного монтажа изготавливались из четырехслойного фольгированного стеклотекстолита «парным» прессованием.

Основные разработчики СЦВМ «Атака» — В. Степанов, А. Сергеев, В. Тарасов, Н. Юрьева, Б. Иванчук, В. Федотов, О. Росницкий, С. Раков, А. Иванов, Е. Муранков, В. Руд, Ю. Работин, Н. Рязанский.

### **СЦВМ «Арка»**

СЦВМ «Арка» (прибор 189) создан в НПО «Агат» в 1976 г. Производство машин началось в 1977 г. на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета». К 1994 г. было изготовлено 270 машин.

Главный конструктор Г. Д. Соснин.

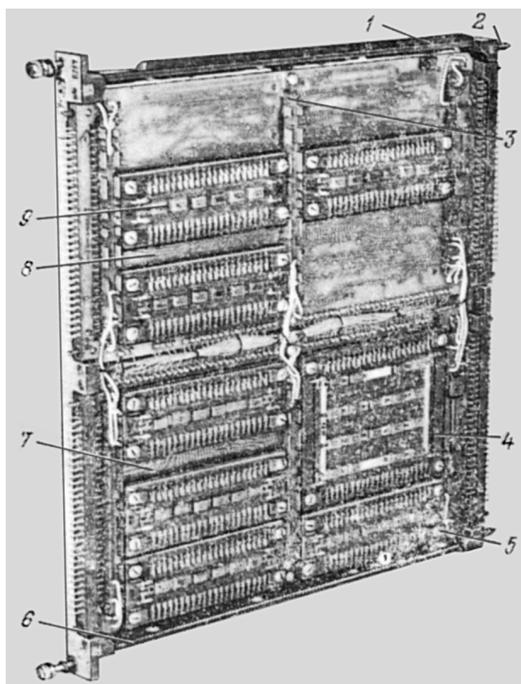


Рис. 3.2-42

СЦВМ «Арка» рис. 3.2-43 предназначалась для работы с СЦВМ «Атака» и использовалась для увеличения пропускной способности вычислительной системы с СЦВМ «Атака». Машина «Арка» использовала унифицированный состав операций, с машинами «Атака» и «Арфа» и число разрядов равное 32.

Схемотехнические решения, применяемые в машине «Арка», практически были проверены в машине «Атака» и использовали 130, 133, 136 серии ИС.

Машина «Арка» располагалась в одном унифицированном шкафу, аналогичному шкафу машины «Атака». Конструкция блоков также была унифицирована с машиной «Атака».

Быстродействие машины для режима работы: с регистрами 500 тыс. коротких операций в секунду, при работе регистр-память — 167 тыс. коротких операций в секунду.

Объем оперативной памяти 8 Кслов с возможностью увеличения до 64 Кслов. Объем постоянной памяти 32 Кслов с увеличением до 96 Кслов.

Оперативная и постоянная память была полностью унифицирована с машиной «Атака».

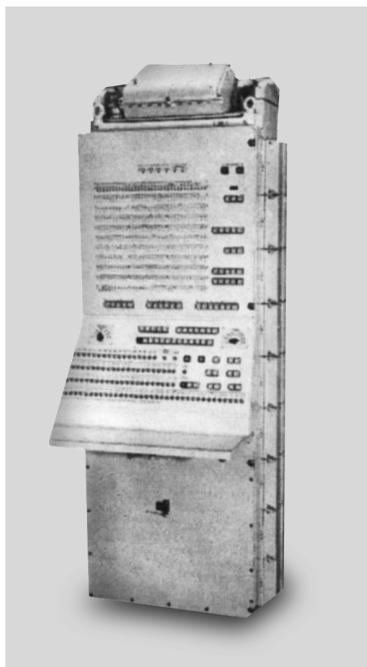


Рис. 3.2-43

Машина «Арка» имела: два устройства обмена. Каждое устройство состояло из 8 последовательных каналов. И одно устройство обмена с параллельным мультиплексным каналом.

Среднее время наработки на отказ — 2000 час. Потребляемая мощность 1200 Вт.

Основные разработчики: А. Молчанова, Е. Латекина, З. Израелова, С. Раков, Л. Сходнева, В. Купьяков, А. Мальцев, А. Сальников, А. Власов, А. Афонский, Д. Комаров, А. Сурков, В. Степанян, В. Кокорев, С. Кулаков.

#### **СВС «Напев»**

Специализированная вычислительная система «Напев» создана в НПО «Агат» в 1979 г.

Производилась на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета» до 1980 г. Было изготовлено 10 систем.

Главный конструктор Парфенов Н. С.

Система «Напев» предназначалась для обработки узкополосных гидроакустических сигналов и определения их частотных характеристик в реальном масштабе времени.

Система «Напев» (рис. 3.2-44) состояла из четырех приборов: СЦВМ «Атака» (прибор 163), анализатор спектра (прибор 168), экранный пульт

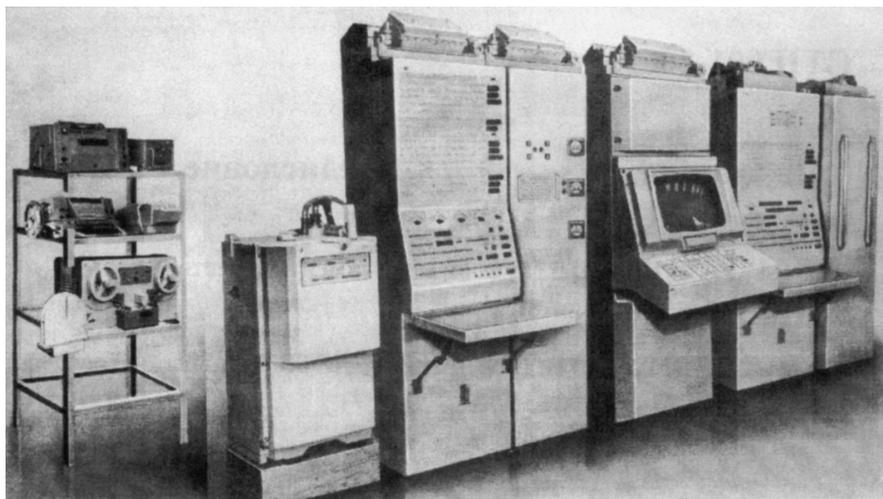


Рис. 3.2-44

(прибор 101Н) и прибор 198Н — управление режимом работы и документирования. В системе использовался метод быстрого преобразования Фурье (БПФ), ряд операций которого реализовывался аппаратно для повышения быстродействия. Обработка сигналов производится одновременно по четырем независимым каналам с возможностью определения корреляционных зависимостей между ними.

Система «Напев» явилась одной из первых отечественных систем, в которой обработка гидроакустических сигналов выполнялась на цифровой вычислительной технике.

Конструкция и технология изготовления системы «Напев» была основана на решениях использованных в СЦВМ «Атака».

Основные исполнители А. Прокошенков, Д. Бабушкин, Ю. Ветохин, Т. Иганатова, З. Алексеева, А. Прохоров.

### **ЦВС «Айлама»**

Цифровая вычислительная система «Айлама» создана в 1983 г. в НПО «Агат». Изготавливалась на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета». Произведено 30 систем.

Главный конструктор — Парфенов Н. С.

Система «Айлама» предназначалась для обработки гидроакустических сигналов в гидроакустических корабельных комплексах. Она выполняла частотно-временную обработку сигналов.

Система «Айлама» являлась частью трех гидроакустических корабельных комплексов, установленных на кораблях шести проектов.

Система «Айлама» состоит из СЦВМ «Арка», многопроцессорного прибора (169), пульта (101Н), прибора документирования (198Н).

Многопроцессорный прибор (169) состоит из пяти процессоров:

— универсального процессора, имеющего 32 разряда с системой команд СЦВМ «Атака», который мог разделяться на два процессора с 16 разрядами;

— процессора формирования массивов для обработки по алгоритмам Фурье;

— процессора для вычислений БПФ (быстрого преобразования Фурье) прямого и обратного, корреляционных функций, энергетических спектров;

— процессора обмена для связи с СЦВМ «Арка»;

— процессора формирования команд для управления тремя полями памяти.

Конструкция и технология изготовления использовалась примененная в СЦВМ «Атака».

Основные исполнители: Ю. Ветохин, Ю. Урусов, Д. Лавров, Б. Караманянц, В. Кошелев, А. Прохоров.

За участие в создании гидроакустического комплекса Парфенову Н. С. в 1985 г. была присуждена Государственная премия, а участники разработки награждены орденами и медалями.

### **Система «Акация»**

Цифровая система управления стрельбой крылатыми ракетами «Акация» создана в 1982 г. в НПО «Агат».

Изготавливалась с 1983 г. на Саратовском приборостроительном заводе «Бином» и Ленинградском приборостроительном заводе «Равенство». Всего изготовлено 26 систем.

Главный конструктор — Попов И. Ф., заместители главного конструктора — Старцева Н. А. и Крамер В. М.

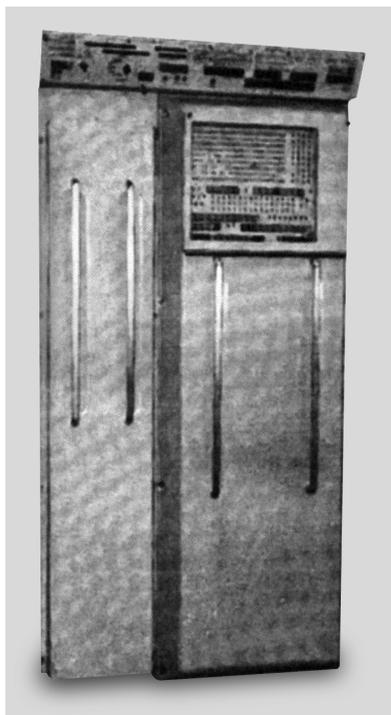
Система «Акация» предназначалась для выработки данных для стрельбы крылатыми стратегическими ракетами «Гранат» с подводных лодок и надводных кораблей.

Система «Акация» состояла из двух СЦВМ «Арка», двух приборов оперативной памяти, двух приборов долговременной памяти, двух приборов обмена данными, двух приборов управления резервом.

Для обеспечения требуемой надежности машина «Арка» и все приборы имели резерв. Резервирование выполнялось автоматически. В системе применялся сквозной контроль по модулю 3.

Основные исполнители: В. Догаркин, В. Страцев, В. Романчиков.

Главному конструктору Попову И. Ф. за эту работу присуждена Ленинская премия, участники награждены орденами и медалями.



*Рис. 3.2-45*

### **СЦВМ «Арфа»**

Специализированная цифровая вычислительная машина «Арфа» создана в 1977 г. в НПО «Агат». Производство машин «Арфа» было организовано в 1978 г. на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета». Было изготовлено 168 машин.

Главный конструктор — Мусатов И. Ф., заместители главного конструктора — Старшинов А. И., Лапыгин Е. Ф., Федотов В. А., Оганянян П. Б.

СЦВМ «Арфа» рис 3.2-45 предназначалась для применения в системах управления стратегическим ракетным оружием и специальными видами оружия установленных на подводных лодках и подводных кораблях.

СЦВМ работала в двоичной системе и использовала 32-разрядные числа с фиксированной и плавающей запятой.

Машина имела двухадресную систему команд, которая была унифицирована с СЦВМ «Атака» и СЦВМ «Арка» (прибор 189). Быстродействие оценивалось в зависимости от комплектации запоминающими устройствами от 550 до 1100 тысяч коротких операций в секунду. Общий объем опе-

ративной памяти на ферритовых сердечниках составлял 65 тысяч слов и наращивался модулями по 8, 16 и 32 тысяч слов. Общий объём долговременной памяти на П-образных ферритовых сердечниках составлял 131 тыс. слов и наращивался модулями по 32 и 64 тыс. слов. Устройство связи с внешними потребителями и источниками данных работало одновременно с выполнением вычислений в арифметическом устройстве (как в СЦВМ «Азов»).

Машина построена на интегральных схемах типа «Логика 2».

В конструкции СЦВМ «Арфа» использовались блоки с девятислойными платами фольгированного стеклопластика, что обеспечивало необходимую плотность электроэлементов на монтажной плате. В приборе использовалась книжная конструкция с тремя створками. Средняя наработка на отказ 2—3 тыс. часов.

Основные разработчики: Д. Комаров, Ю. Никульшин, В. Минин, Л. Костюк, Н. Селихова, В. Тарасов, Ю. Овчаренко, В. Николаева, С. Раков, Н. Грязнова.

### **Вычислительные системы для модификации БЦУС «Омнибус» и КЦВС «Альт», «Арбат»**

На основе ЭВМ «Атака», «Арка», «Арфа» в НПО «Агат» в период 1977—1988 гг. были созданы вычислительные системы для ряда модификаций БИУС «Омнибус» и КЦВС «Альт», «Арбат».

Изготавливались эти системы на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета» и Ленинградском приборостроительном заводе «Равенство». Было изготовлено около 18 вычислительных систем.

Вычислительные системы для серии «Омнибус» 8-ми модификаций установлены на подводных лодках третьего и модернизированного второго поколений и решают задачи централизованного сбора и обработки информации, оценки тактической обстановки, принятия решений по боевому маневрированию и использованию оружия, управления стрельбой торпедным оружием и тактическими крылатыми ракетами. Количество модификаций соответствует числу различных проектов подводных лодок.

Главные конструкторы: Рыков Э. В., Троян А. И., Мищенко Г. П., Серебряков А. В., Минаев В. Н., Дегтев В. Т., Вестерский М. Н., Дудник Э. Ш.

Заместители главного конструктора: Красников А. К., Евсеев В. М., Кушак Ю. А., Тарасов В. Д., Мелик-Оганджянц П. Б.

Вычислительная система «Альт» установлена на подводном стратегическом крейсере «Акула» рис. 3.2-46 и решает задачи, связанные со стрельбой 20 ракетами стратегического ракетного комплекса Д19. Изготовлено 7 систем.



*Рис. 3.3-46*

Главный конструктор: Хетагуров Я. А.

Заместители главного конструктора: Ватолин В. С., Кружков В. М.

Основные разработчики системы «Альт»: П. Федоренков, П. Алпатов, А. Белов, П. Ситников, В. Воронов, А. Коган, А. Курников, З. Алексеева, В. Альбицкая.

Вычислительные системы «Омнибус» и «Альт» построены с применением вычислительных машин «Атака» и «Арка». Основное отличие этих 2-х комплексов заключается в организации резервирования и работы вычислительных машин.

В каждую вычислительную систему входит две машины «Атака» и две машины «Арка» и приборы памяти.

В системах предусматривается автоматическое резервирование, как по машинам, так и комплектом машин «Атака» и «Арка».

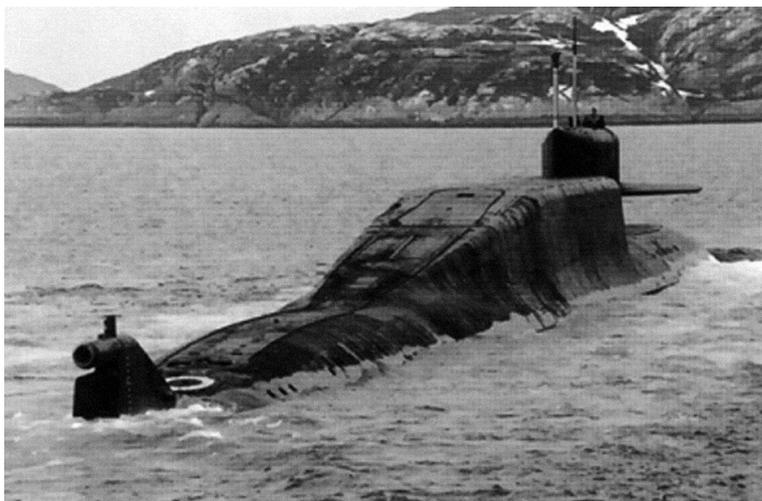
### **КЦВС «Арбат»**

Корабельная цифровая вычислительная система (КЦВС) «Арбат» создана в 1985 г. в НПО «Агат». Производство КЦВС было организовано на Ульяновском приборостроительном заводе «Комета» и Ленинградском приборостроительном заводе «Равенство». Всего изготовлено 8 систем.

Главный конструктор Сорокин А. А.

КЦВС «Арбат» предназначена для работы в стратегическом ракетном комплексе Д9РМ для вычисления данных, пуска 16 ракет с подводной лодки. Рис. 3.2-47.

В системе использовались четыре специализированные вычислительные машины «Арфа», четыре прибора памяти, два прибора управления резервом и два прибора обмена. Для обеспечения требуемой скорости одновременно работало две машины «Арфа» и два прибора памяти. Необходи-



*Рис. 3.2-47*

дидная надежность КЦВС достигалась машинным резервированием «Арфа», приборов памяти и остальных приборов в автоматическом режиме. В системе применялся сквозной контроль по модулю 3.

Основные разработчики В. Гурьев, В. Епинин, Ю. Куракин, Н. Шанин, А. Медведев, Э. Пономарев, М. Кочетов, Г. Пенкин, В. Альбицкая, Е. Платонов.

Главному конструктору Сорокину А. А. за эту работу присуждена Ленинская премия, участники награждены орденами и медалями.

### **СВС «Бурав»**

Специальная вычислительная система «Бурав» создана в НПО «Агат» в 1981 г. Изготавливалась Ульяновским приборостроительным заводом «Комета» и опытным заводом НПО «Агат».

Главный конструктор — Микаэлян Б. Г.

Вычислительная система «Бурав» предназначена для решения задач управления в реальном масштабе времени для системы специального назначения.

Система «Бурав» построена на основе СЦВМ «Арфа» и приборов памяти 184, запоминающих устройств на магнитной ленте и перфоленте.

Система «Бурав» состояла из двух комплектов аппаратуры СЦВМ «Арфа», прибора 184, и ЗУ на магнитной ленте.

Общее быстродействие системы — 1,8 млн. коротких операций в секунду. Суммарная емкость ЗУ — 160 тысяч слов, оперативная память — 64 тысяч слов и долговременная память — 96 тысяч слов.

Предусматривалась возможность работы двух машин «Арфа» на общее поле памяти.

Разработанный размножитель каналов обеспечивал обмен информацией по последовательным каналам с 10 абонентами и по параллельным каналам с 12 абонентами.

Остальные показатели по потреблению энергии, условиям работы, надежности соответствуют характеристикам машины «Арфа».

На рис. 3.2-48 приведено дерево разработок вычислительных машин и систем их использующих, созданных в НПО «Агат».

### **3.2.2 Разработка Киевского НИИ радиоэлектроники.**

#### **Семейство БЦВМ «Карат»**

Бортовая ЦВМ «Карат» была создана в НПО «Квант» (КНИИРЭ) в 1973 г. в г. Киеве. С 1974 г. изготовлялась на опытном заводе КНИИРЭ, с 1975 г. на Киевском заводе «Буревестник» изготовлено порядка 2000 шт.

Главный конструктор Плотников В. Н.

БЦВМ «Карат» использовалась в различных системах обработки информации, управления и контроля, размещаемых на надводных и подводных судах ВМФ.

Машина одноадресная, параллельного действия. Используются 24-разрядные числа с фиксированной запятой. (возможна работа с полусловами). Количество операций 60.

Время выполнения операций: сложения (формат RX) — 6,6 мкс, умножений — 47 мкс, делений — 87 мкс, ввода-вывода — 6,6 мкс.

Выпускалось 3 модификации «Карата», которые отличались объемами оперативной и постоянной памяти.

Объем ОЗУ 2 К, 4 К и 8 К слов.

Объем ПЗУ 16 К и 32 К слов

Время реакции БЦВМ на внешние запросы: в режиме приостановки программы для прямого доступа к памяти не более 9 мкс, в режиме прерывания программы не более 100 мкс.

В машине имеется аппаратурный контроль по модулю 2 памяти, кодовых шин и внешних связей; контроль с помощью встроенного пульта управления.

Технико-эксплуатационные характеристики:

Диапазон рабочих температур (–10 +55)С°

Диапазон предельных температур (–60 +70)С°

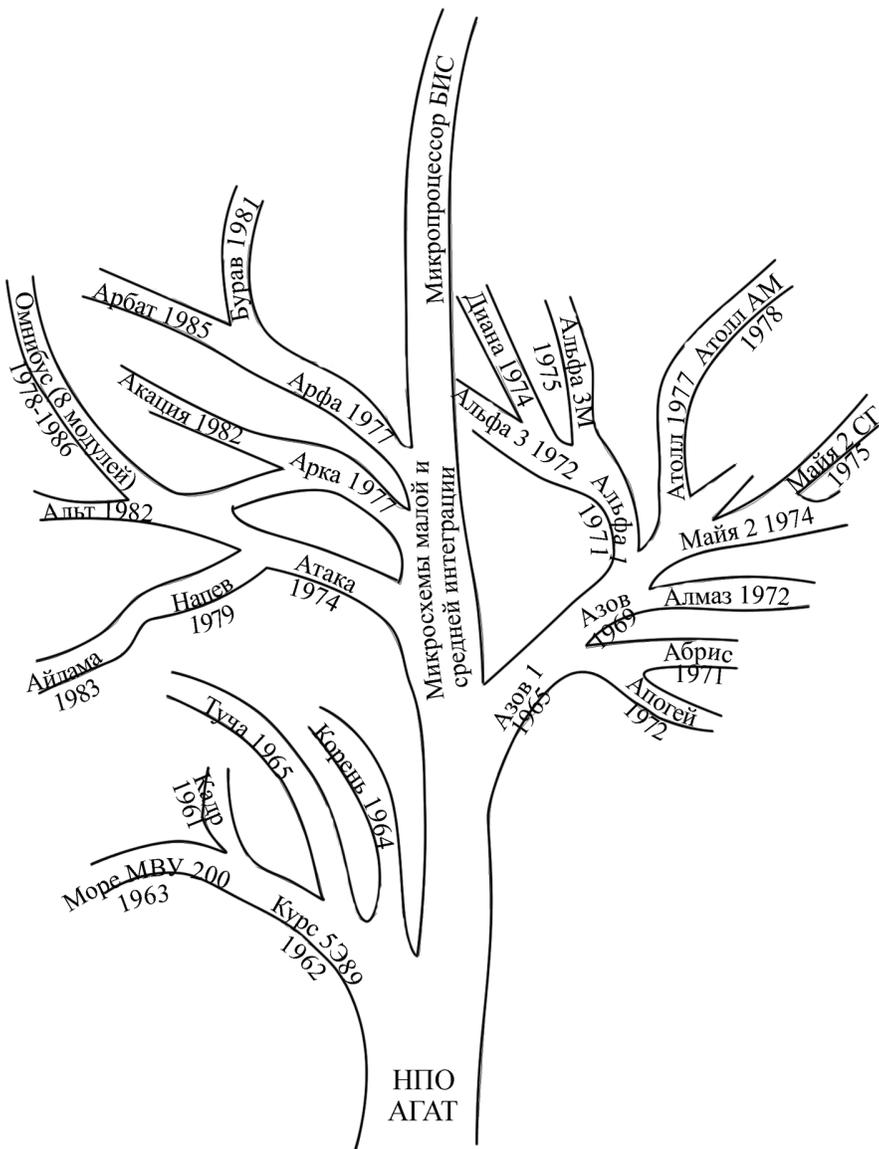


Рис. 3.2-48

Влажность при температуре +35 С° — 98%  
Вибрационные нагрузки 2g 1200  
Ударные нагрузки 15g  
Среднее время восстановления 15 мин  
Время готовности с момента подачи питания 20 сек  
Среднее время наработки на отказ для приведенных модификаций  
5000 ч, 4000 ч и 2000 ч. Срок службы 12 лет.

Ресурс до заводского ремонта 25 000 часов.

Особенности архитектуры БЦВМ «Карат»:

— отдельные шины передачи кодов для данных и команд

— одноуровневая память

— микропрограммное управление операциями

БЦВМ «Карат» была построена на гибридных интегральных схемах «Вардува» (серия 240). В герметичном металлостеклянном корпусе с 32 выводами устанавливались интегральные схемы, которые соединялись друг с другом, используя тонкопленочный монтаж. Эти гибридные интегральные схемы «Вардува» были разработаны в Вильнюсском КБ.

Модули со схемами «Вардува» использовали многослойный печатный монтаж.

Основные разработчики: В. Долгов, И. Апасов, Н. Павленко, Л. Долгова, С. Карый, Г. Коденский, А. Соколенко, В. Шевченко, В. Цололо, З. Глухой, В. Донцов, П. Куницкий, Ю. Кезнин.

## **Глава 4. Программное обеспечение спецЭВМ (по материалам В.В. Липаева)**

В Советском Союзе вычислительная техника и программное обеспечение в 50—80-е годы развивались по двум почти независимым направлениям. Первое — по решению математических вычислительных задач определила соответствующую область применения первых ЭВМ в гражданских отраслях науки и техники, а также для расчетов в физике и при управлении космическими аппаратами. Разработчиками и изготовителями этих машин были многочисленные коллективы предприятий промышленности, академий наук и вузов.

Второе направление не менее интенсивно и широко развивалось в организациях военно-промышленного комплекса (ВПК). Оно практически не отражено в открытой печати.

Ведущим разработчиком средств автоматизации создания программного обеспечения для специализированных ЭВМ являлся научно-исследовательский институт НИИ5.

## Особенности создания программ реального времени.

Из-за малых аппаратурных ресурсов специализированных управляющих ЭВМ алгоритмисты и программисты вынуждены были искать и находить очень экономные решения сложных задач. Невозможно было применять языки программирования высокого уровня, так как при работе с ними количество команд увеличивалось в полтора-два раза и более. Поэтому до конца 60-х годов программы для специализированных ЭВМ писали в машинном коде этих машин или в лучшем случае на специализированных ассемблерах. В середине 70-х годов начали применяться макроязыки, адаптированные к архитектуре специализированных управляющих (СУ) ЭВМ. Технологический инструментарий (компиляторы, отладчики, документаторы) следовало адаптировать под особенности архитектуры каждой СУ ЭВМ. Из-за их малых ресурсов практически весь технологический инструментарий приходилось размещать на больших универсальных ЭВМ с совершенно иными системами команд. Таким образом, активно развивались кросс-системы автоматизации программирования комплексов программ.

Увеличение объема решаемых задач и быстрое усложнение как аппаратуры СУ ЭВМ, так и программных комплексов не позволяли создавать системы обработки информации в требуемые сроки без средств автоматизации проектирования. Еще в начале 60-х годов делались отдельные попытки применять универсальные ЭВМ для отладки программ на интерпретаторах и выпуска части документов. Однако только в конце этого десятилетия стало ясно, что без комплексных систем автоматизации всего технологического процесса разработки аппаратуры и программ трудоемкость и длительность создания систем обработки информации будут недопустимо большими. Это стимулировало развитие технологии и инструментальных средств комплексной автоматизации проектирования на базе универсальных ЭВМ.

В 1973 г. значительно расширилось направление автоматизации разработки комплексов программ реального времени (руководитель — Липаев В. В.).

В 1975 г. началась эксплуатация первой версии системы комплексной автоматизации программирования и отладки программ (САПО) «Яуза-6». Система быстро развивалась, расширялся перечень автоматизируемых функций.

На разработку системы «Яуза-6» объемом свыше 350 тыс. строк автокода БЭСМ—6 было затрачено около 400 человеко-лет. К концу 1979 г. кросс-система «Яуза-6» была настроена более чем на 25 архитектур специализированных управляющих ЭВМ и передана для эксплуатации в 14 организаций различных ведомств. Проявилась высокая рентабельность ада-

птируемых кросс-систем, которые позволили повысить производительность труда специалистов при создании крупных программ реального времени. Кроме того, стало ясно, что повышение уровня языков программирования значительно увеличивает потребности в памяти и производительности СУ ЭВМ.

На базе компонентов «Яузы1—6» в конце 70-х годов для создания программ первых появившихся в стране микропроцессоров типа Intel 8086 и Intel 3000 была разработана система «Темп», которая нашла широкое применение при программировании во встраиваемых микроЭВМ.

В 60—70-е гг. для рассматриваемых систем очень остро проявилась проблема качества и надежности решения задач в реальном времени. Проводить комплексную отладку программ в реальной внешней среде (в период натуральных летных экспериментов) требовало больших затрат. Поэтому все данные натуральных экспериментов регистрировались в реальном времени на специализированных магнитофонах и затем многократно использовались как тесты для отладки программ. В середине 60-х годов начали активно разрабатываться расчетные имитаторы объектов и процессов внешней среды, информация которых записывалась в реальном времени на магнитофонах. Это позволило резко увеличить число тестируемых ситуаций внешней среды для проверки функционирования и отладки программ и тем самым ускорить работы и повысить их качество.

Редкие натурные испытания использовались только для подтверждения в отдельных точках результатов испытаний на имитаторах.

В конце 70-х годов была разработана технологическая кросс-система «Руза» ( Штрик А. А.), которая базировалась на основных концепциях «Яузы-6» и исключала некоторые ее дефекты. Одновременно появилась инструментальная резидент-система «Протва», автоматизировавшая создание комплексов программ для управляющих ЭВМ с архитектурой ЕС ЭВМ. Эти две системы широко тиражировались и распространялись Ереванским СНПО «Алгоритм». По программе «Прометей» был разработан ряд отраслевых стандартов и руководящих документов Минрадиопрома, регламентирующих почти весь жизненный цикл сложных комплексов программ реального времени.

Создание в 80 г. в НИИ «Аргон» бортовых машин с архитектурой и системами команд ЕС ЭВМ позволило использовать для разработки управляющих программ реального времени стационарные ЕС ЭВМ без применения интерпретаторов и кросс-систем. Однако широкий парк специализированных и бортовых машин, ориентированных на особенности функциональных задач, и огромный объем испытанных прикладных программ позволяют и сегодня применять технологические кросс-системы для создания и развития программ реального времени.

По мере возрастания объема комплексов программ увеличивалась их доля в общей стоимости информационных систем. В конце 70-х годов по комплексной программе НИР «Прометей» были проведены технико-экономический анализ и оптимизация технологических процессов разработки сложных комплексов программ. Было показано, что производительность при полном цикле разработки сложных программных средств реального времени может быть значительно повышена по отношению к 60-м годам.

До конца 80-х годов программы для управляющих ЭВМ военного назначения писали полностью отечественные специалисты без использования импортных компонентов. Было доказано, что наши алгоритмисты и программисты способны создавать различные сложные комплексы программ с высоким качеством в допустимые сроки.

В начале 80-х годов по программе «Прометей» были исследованы реальные технико-экономические показатели (ТЭП) около 250 реализованных проектов разных предприятий с общим объемом свыше 17 млн. строк текста. На базе этих данных было написано методическое руководство для оценки и согласования с заказчиками ТЭП разработки комплексов программ. Сокращенные результаты этих исследований опубликованы в 1988 г. в монографии Липаева В. В. и Потапова А. И. «Оценка затрат на разработку программных средств».

Усложнение программ и рост их числа приводит к резкому повышению затрат на программирование и увеличению времени их создания. Для сокращения затрат и уменьшения времени разработки ПО в 60—70-е годы интенсивно развиваются языки программирования высокого уровня (ЯВУ), которые по сравнению с машинными языками в несколько раз (3—4) уменьшают затраты труда на программирование.

Однако программы на машинном языке (МЯ), полученные после трансляции, обычным транслятором в 3—6 раз длиннее программ, написанных на МЯ. Использование оптимизирующих трансляторов, которые значительно сложнее обычных, приводят к увеличению длины программы 1,2—2,5 раз. Таким образом, оттранслированная программа решения задачи требует для своего выполнения на той же ВМ в 3—6 или 1,2—2,5 раз большего времени, чем написанная на МЯ, и увеличенного в 3—6 или 1,2—2,5 раз объема памяти команд.

Кроме того существенно изменялась система отладки программ особенно на объектах. Это требовало дополнительную вспомогательную аппаратуру и усложняло проведение корректировок.

## **Особенности развития технологии и инструментальных средств для разработки программ реального времени**

Из-за малых ресурсов специализированных управляющих ЭВМ алгоритмисты и программисты вынуждены были искать и находили очень экономные решения сложных задач. Невозможно было применять языки программирования высокого уровня, так как при работе с ними машинный код увеличивался в полтора—два раза. Поэтому до конца 60-х годов программы для специализированных ЭВМ писали в машинном коде этих машин или в лучшем случае на специализированных ассемблерах. В середине 70-х годов начали применяться макроязыки, адаптированные к архитектуре специализированных управляющих (СУ) ЭВМ. Технологический инструментарий (компиляторы, отладчики, документаторы) следовало адаптировать под особенности архитектуры каждой объектной ЭВМ. Из-за их малых ресурсов практически весь технологический инструментарий приходилось размещать на больших универсальных ЭВМ с совершенно иными системами команд. Таким образом, активно развивались кросс-системы автоматизации программирования комплексов программ.

Увеличение объема решаемых функциональных задач и быстрое усложнение как аппаратуры, так и программных комплексов не позволяли создавать системы обработки информации в требуемые сроки без средств автоматизации проектирования. Еще в начале 60-х годов делались отдельные попытки применять универсальные ЭВМ для отладки программ на интерпретаторах и выпуска части документов. Однако только в конце этого десятилетия стало ясно, что без комплексных систем автоматизации всего технологического процесса разработки аппаратуры и программ трудоемкость и длительность создания систем обработки информации будут недопустимо большими. Это стимулировало развитие технологии и инструментальных средств комплексной автоматизации проектирования на базе универсальных ЭВМ.

В 1971 г. на технологической ЭВМ М-220 под руководством Л. А. Серебровского была создана кросс-система автоматизации программирования (САП) «Яуза-1». В ней были реализованы транслятор с ассемблера, автоматизированно-настраиваемый на архитектуру управляющих ЭВМ, простейшая база данных проектирования, средства изготовления расширенной номенклатуры программных документов. Только в конце 70-х годов началось очень ограниченное применение специализированных алгоритмических языков высокого уровня, которые предназначались для решения специфических задач соответствующих систем. Увлечение изобретением множества различных алгоритмических языков почти не задело организации ВПК, так как было ясно, что они не могут существенно повлиять на эффективность полного цикла разработки сложных комплексов про-

грамм. Тем не менее Серебровским Л. А. был разработан алголоподобный язык Яуза для специализированных ЭВМ и реализован компилятор с него, однако практического применения он не нашел.

В 1973 г. значительно расширилось направление автоматизации разработки комплексов программ реального времени (руководитель — Липаев В. В.).

Велась разработка унифицированной технологии, которая должна была значительно повысить производительность труда создателей сложных комплексов программ. В 1975 г. началась эксплуатация первой версии системы комплексной автоматизации программирования и отладки программ (САПО) «Яуза-6». Система быстро развивалась, расширялся перечень автоматизируемых функций. Были созданы и введены в систему:

- настраиваемые на архитектуру объектной ЭВМ трансляторы с трех взаимосвязанных языков программирования (ассемблера, макроязыка и алголоподобного языка высокого уровня);

- диалоговые средства взаимодействия программистов с технологической ЭВМ;

- средства планирования тестирования на базе графовых моделей программ и их автономной отладки для объектных ЭВМ в режиме интерпретации;

- средства формализованного контроля корректности структуры программных модулей;

- средства для формирования и использования базы данных проектирования, контроля проведения изменений и сопровождения версий комплексов программ;

- средства автоматизированного выпуска широкой номенклатуры документов на программы и машинные носители.

На разработку системы Яуза-6 объемом свыше 350 тыс. строк автокода БЭСМ-6 было затрачено около 400 человеко-лет. К концу 1979 г. кросс-система «Яуза-6» была настроена более чем на 25 архитектур объектных управляющих ЭВМ и передана для эксплуатации в 14 организаций различных ведомств. Проявилась высокая рентабельность адаптируемых кросс-систем, которые позволили повысить производительность труда специалистов при создании крупных программ реального времени. Кроме того, стало ясно, что повышение уровня языков программирования значительно увеличивает потребности в памяти и производительности объектных ЭВМ и относительно слабо влияет на производительность труда специалистов при разработке комплексов программ для этих ЭВМ. Интегрирование программных компонентов и комплексная отладка их в системе требуют больших затрат и нивелируют возможное изменение затрат на непосредственное программирование компонентов. Дальнейшее повышение производительности труда разработчиков комплексов программ стало осуще-

ствляться в основном за счет накопления и многократного повторного использования в различных проектах систем готовых апробированных программных компонентов.

На базе компонентов «Яузы1—6» в конце 70-х годов для создания программ первых появившихся в стране микропроцессоров типа Intel 8086 и Intel 3000 была разработана система «Темп», которая нашла широкое применение в программировании соответствующих встраиваемых микроЭВМ.

В 60—70-е гг. для рассматриваемых систем очень остро проявилась проблема качества и надежности решения задач в реальном времени. Проводить комплексную отладку программ в реальной внешней среде (в период натуральных летных экспериментов) требовало больших затрат. Поэтому все данные натуральных экспериментов регистрировались в реальном времени на специализированных магнитофонах и затем многократно использовались как тесты для отладки программ. В середине 60-х годов начали активно разрабатываться расчетные имитаторы объектов и процессов внешней среды, информация которых записывалась в реальном времени на магнитофонах. Это позволило резко увеличить число тестируемых ситуаций внешней среды для проверки функционирования и отладки программ и тем самым ускорить работы и повысить их качество.

Однако заранее рассчитанные сценарии варьирования параметров внешней среды не позволяли учитывать обратную реакцию отлаживаемых программ на изменения внешней среды. Поэтому в конце 70-х годов в институте был разработан комплексный имитационно-моделирующий стенд на базе ЭВМ БЭСМ-6 и аппаратуры АС-6. Он позволил имитировать практически любые ситуации внешней среды с учетом обратных связей от контролируемых программ и резко сократить очень дорогие натурные эксперименты. После того как стенд и программы имитации были паспортизированы и аттестованы заказчиком, качественно изменились процессы испытаний систем. Редкие натурные испытания использовались только для подтверждения в отдельных точках результатов испытаний на имитаторах. Подобный же стенд служил испытателям и в качестве тренажера для обучения и подготовки оперативного и командного состава.

Одновременно решалась проблема корректной и однозначной обработки результатов экспериментов. Создателями технологической системы был предложен комплекс методик обработки и интерпретации каждого вида испытаний, которые тщательно согласовывались с заказчиком и представителем испытателей. Методически они обеспечивали всю программу испытаний, которые по существу соответствовали сертификации.

В конце 70-х годов институт получил большие ЕС ЭВМ, ресурсы которых были соизмеримы с БЭСМ-6 и достаточны для размещения сложных инструментальных кросс-систем. В это время была разработана технологическая кросс-система «Руза» (А. А. Штрик), которая базировалась на

основных концепциях «Яуза-б» и исключала некоторые ее дефекты. Одновременно появилась инструментальная резидент-система «Протва», автоматизировавшая создание комплексов программ для управляющих ЭВМ с архитектурой ЕС ЭВМ. Эти две системы широко тиражировались и распространялись Ереванским СНПО «Алгоритм». По программе «Прометей» была разработана гамма отраслевых стандартов и руководящих документов Минрадиопрома, регламентировавших почти весь жизненный цикл сложных комплексов программ реального времени.

По мере возрастания объема комплексов программ увеличивалась их доля в общей стоимости информационных систем. Уже в конце 60-х годов это приводило к конфликтам между разработчиками и заказчиками. Последние не хотели признавать высоких затрат на создание программ и требовали их научного обоснования. По комплексной программе НИР «Прометей» в конце 1970-х годов были начаты технико-экономический анализ и оптимизация технологических процессов разработки сложных комплексов программ. Было установлено, что производительность при полном цикле разработки сложных программных средств реального времени в 1960-е годы может быть значительно повышена.

Индустриальное, коллективное создание крупных программных комплексов требовало структуризации, планирования и поэтапного регламентирования с учетом ограничений сроков и стоимости проектов. Для этого было необходимо детально исследовать реальные технико-экономические показатели (ТЭП) достаточного набора проектов комплексов программ и создать на этой статистической базе методики прогнозирования трудоемкости, длительности и числа нужных специалистов по этапам работ и интегрально по проектам разных классов и объемов. Такое исследование было выполнено в начале 80-х годов по программе «Прометей», в ходе которой проанализированы ТЭП около 250 реализованных проектов разных предприятий с общим объемом свыше 17 млн. строк текста. На базе этих данных было написано методическое руководство для оценки и согласования с заказчиками ТЭП разработки комплексов программ. Сокращенные результаты этих исследований опубликованы в 1988 г. в монографии Липаева В. В. и Потапова А. И. «Оценка затрат на разработку программных средств».

В 80-е годы в работах по теме «Прометей» одновременно участвовало свыше 400 специалистов около десяти организаций ВПК. Группа ведущих специалистов за НИР «Прометей» и за создание комплекса инструментальных систем «Яуза-б», «Руза», «Темп», значительно сокративших трудоемкость и длительность разработки программ реального времени, в 1985 г. были отмечены премией Совета Министров СССР.

## Заключение

Издание книги «История отечественных управляющих вычислительных машин» на основе материалов Виртуального компьютерного музея, представленных разработчиками УВМ, показывает определённый вклад отечественной ВТ в её мировое развитие.

Сложность создания этой книги заключалась в практическом отсутствии официальных материалов, которые, к сожалению, по существующей практике через определённое время уничтожались.

Экспертный совет Виртуального компьютерного музея выражает большую благодарность всем тем, кто откликнулся на нашу просьбу и прислал свои воспоминания об участии в создании описываемых УВМ. Мы надеемся, что ряд оригинальных идей, реализованных в УВМ на старой элементной базе, получит развитие на уровне современной микроэлектроники.

Наше общество из-за действовавшего в тот период режима секретности мало информировано о разработках в области ВТ, сделанных в те годы рамках оборонной тематики. Поэтому нам представлялось особенно важным познакомить молодое поколение с уровнем развития отечественных вычислительных машин, с их характеристиками и особенностями. Рассказать об оригинальных идеях, реализованных в отечественных УВМ, необходимо и потому, что многие достижения и технические решения типа гарвардской архитектуры применялись у нас задолго до их «открытия» на Западе.

Громадная роль отечественных УВМ состоит в том, что они обеспечили СССР успешность соревнования в период «холодной войны» и внесли свою долю в обеспечение стабильности в период атомного противостояния с Западом.

Поскольку со времени создания первых отечественных УВМ прошло уже больше полувека и многих разработчиков уже нет с нами, то эта книга ещё и дань их светлой памяти.