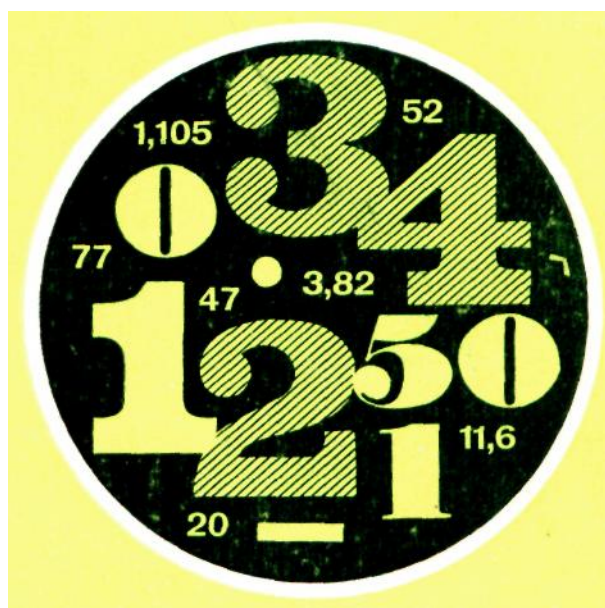


В.В.ПРЖИЯЛКОВСКИЙ. Ю.С. ЛОМОВ

---

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ПРОГРАММНЫЕ  
СРЕДСТВА  
ЕДИНОЙ  
СИСТЕМЫ  
ЭВМ**



В.В. ПРЖИЯЛКОВСКИЙ, Ю. С. ЛОМОВ

---

ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ПРОГРАММНЫЕ  
СРЕДСТВА  
ЕДИНОЙ  
СИСТЕМЫ  
ЭВМ  
(ЕС ЭВМ-2)

МОСКВА «СТАТИСТИКА» 1980

**ББК 32.97 П74**

*Виктор Владимирович Пржиялковский, Юрий Сергеевич Ломов*

**Технические и программные средства Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ-2)**

Научный редактор *К. С. Ораевский*. Рецензент *В. К. Левин*

Зав. редакцией *И. Г. Дмитриева*. Редактор *Т. А. Петрова*

Мл. редакторы *И. И. Кубасова, М. В. Ульянова*

Техн. редактор *Л. Г. Чельшева*. Корректоры *Г. А. Башарина, Г. И. Терновская*

Худ. редактор *Э. А. Смирнов*. Обложка художника *Б. Лисенкова*

И Б № 926

Сдано в набор 05.05.80. Подписано в печать 01.08.80. А 12575. Формат 60x90<sup>1/16</sup>.  
Бум. тип. № 3. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. П. л. 14,5. Усл. п. л. 14,5.  
Уч.-изд. л. 15,93. Тираж 20 000 экз. Заказ 1332. Цена 90 коп.

---

Издательство «Статистика», Москва, ул. Кирова, 39

Великолукская городская типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Псковского облисполкома, г. Великие Луки, ул. Полиграфистов, 78/12

**Пржиялковский В. В., Ломов Ю. С.**

П74

Технические и программные средства Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ-2). — М.: Статистика, 1980. — 232 с, ил. В пер.: 90 к.

Книга посвящена вопросам развития архитектуры, внутренней структуры и принципам работы семейства программно-совместимых вычислительных машин Единой системы (ЕС ЭВМ). Отражены основные проблемы развития функциональных свойств, технических характеристик и программного обеспечения ЕС ЭВМ.

Книга предназначена для специалистов, использующих технические и программные средства ЕС ЭВМ, для работников ВЦ, студентов вузов и лиц, интересующихся проблемами развития вычислительных средств.

П 30502-110  
008(01)—80

93-80 2405000000

**ББК 32.97**

**6Ф7.3**

© Издательство «Статистика», 1980

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Глава 1 <b>Развитие архитектуры эвм единой системы</b> .....	7
1.1. Единая система электронных вычислительных машин.....	7
1.2. Основные направления развития принципов работы ЕС ЭВМ.....	8
1.3. Основные свойства архитектуры ЕС ЭВМ.....	11
1.4. Структура моделей ЕС ЭВМ-2.....	13
Глава 2 <b>Повышение эффективности вычислений</b> .....	18
2.1. Основные концепции структуры процессора.....	18
2.2. Средства управления системой.....	27
2.3. Динамическое преобразование адресов.....	33
2.4. Микропрограммное управление.....	35
2.5. Принципы организации матричного процессора.....	39
Глава 3 <b>Организация хранения данных</b> .....	45
3.1. Развитие устройств оперативной памяти.....	45
3.2. Организация оперативной памяти.....	47
3.3. Повышение надежности хранения данных.....	54
Глава 4 <b>Развитие системы ввода-вывода</b> .....	58
4.1. Организация и логическая структура каналов ввода-вывода.....	58
4.2. Развитие принципов операции ввода-вывода.....	61
4.3. Работа системы ввода-вывода.....	68
4.4. Внешние запоминающие устройства.....	70
4.5. Устройства ввода-вывода и подготовки данных.....	76
Глава 5 <b>Средства организации вычислительных систем</b> .....	80
5.1. Многопроцессорные системы.....	80
5.2. Многомашинные системы.....	86
5.3. Аппаратные средства телеобработки данных.....	91
Глава 6 <b>Развитие средств контроля и диагностики</b> .....	101
6.1. Средства контроля машинных ошибок.....	101
6.2. Обработка сигналов машинного контроля.....	103
6.3. Процедуры микродиагностики.....	108
6.4. Команда диагностика.....	110
6.5. Программные средства контроля и диагностики.....	112
6.6. Техническое обслуживание эвм.....	113
Глава 7 <b>Программное обеспечение</b> .....	115
7.1. Развитие операционной системы ОС ЕС.....	115
7.2. Общая структура и функции ОС ЕС.....	116
7.3. Обеспечение виртуальной памяти.....	125
7.4. Режим виртуальной памяти SVS.....	128
7.5. Базисный телекоммуникационный метод доступа.....	131
7.6. Общий телекоммуникационный метод доступа.....	132
7.7. Режим удаленного ввода заданий.....	133
7.8. Система разделения времени.....	134
7.9. Виртуальный метод доступа.....	137
7.10. Средства построения многомашинных комплексов.....	137
7.11. Монитор динамической отладки.....	139
7.12. Универсальное средство трассировки.....	140
7.13. Средства восстановления ОС ЕС.....	140
7.14. Операционная система ДОС-3 ЕС.....	143
7.15. Пакеты прикладных программ.....	149
Глава 8 <b>Функциональные характеристики моделей ЕС ЭВМ-2</b> .....	154
8.1. Электронная вычислительная машина ЕС-1015.....	154
8.2. Электронная вычислительная машина ЕС-1025.....	155
8.3. Электронная вычислительная машина ЕС-1035.....	158
8.4. Электронная вычислительная машина ЕС-1045.....	160
8.5. Электронная вычислительная машина ЕС-1055.....	163
8.6. Электронная вычислительная машина ЕС-1060.....	166
8.7. Электронная вычислительная машина ЕС-1065.....	169
Заключение.....	172
Литература.....	173

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время оснащенность народного хозяйства средствами вычислительной техники является одним из важнейших факторов, определяющих темпы развития науки, рост промышленного производства и повышение эффективности управления. В решениях XXIV и XXV съездов КПСС развитию средств вычислительной техники и внедрению ее в различные сферы народного хозяйства уделено большое внимание.

Определяющую роль в развитии средств вычислительной техники продолжают играть вычислительные машины общего назначения, широко использующиеся как для решения научных и научно-технических задач, так и для решения задач в составе информационно-логических систем и автоматизированных систем управления различного ранга. Появление в конце 60-х годов мини-компьютеров, а в последние годы и микро-ЭВМ не только не сократило области применения ЭВМ общего назначения, а, скорее, наоборот расширило их за счет появления комбинированных систем, в которых информация подвергается первичной обработке на микро- и мини-ЭВМ, а затем передается на централизованную обработку и хранение в центральную ЭВМ.

В 1969 г. между странами социалистического содружества было заключено межправительственное соглашение и образована Межправительственная комиссия по сотрудничеству в области вычислительной техники. Благодаря заключению этого соглашения значительно увеличились темпы разработки, производства и внедрения современных средств вычислительной техники в народное хозяйство стран социалистического содружества. За сравнительно короткие сроки была разработана Единая система ЭВМ стран содружества, представляющая собой несколько ЭВМ различной производительности, имеющих полную программную и информационную совместимость, широкий набор периферийных устройств и единые конструктивно-технологические принципы построения.

Результаты сотрудничества по программе ЕС ЭВМ первой очереди (ЕС ЭВМ-1) были представлены на международной выставке «ЕС ЭВМ — 73», проводившейся в г. Москве. К этому времени была закончена разработка шести ЭВМ с производительностью от 5 до 500 тыс. операций/с, около ста типов периферийных устройств и четырех операционных систем, обеспечивающих эффективную работу созданных технических средств.

В 1979 г. с успехом прошла вторая международная выставка — «ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ — 79», на которой были представлены результаты сотрудничества стран социалистического содружества по программе ЕС ЭВМ второй очереди (ЕС ЭВМ-2). На смену ЕС ЭВМ-1 пришла новая, более совершенная система ЕС ЭВМ-2, состоящая из семи ЭВМ производительностью от 20 тыс. до 5 млн. операций/с.

ЕС ЭВМ-2, производство которой начато несколько лет назад, представляет собой существенное развитие ЕС ЭВМ-1 по многим направлениям. Наиболее существенными особенностями новой системы являются:

увеличение производительности ЭВМ системы ЕС ЭВМ-2, достигнутое в большинстве случаев без возрастания стоимости;

повышение точности вычислений (появление операций над операндами, имеющими четырехкратную длину);

введение специальных управляющих операций, расширяющих режимы работы ЭВМ, в частности облегчающих работу в составе многомашинных и многопроцессорных комплексов;

дальнейшее совершенствование системы ввода-вывода, появление новых, более производительных периферийных устройств, повышение пропускной способности каналов, возможность одновременной работы нескольких скоростных запоминающих устройств;

появление дополнительных аппаратных средств, повышающих эффективность

работы системы программного обеспечения в режимах мультипрограммирования, разделения времени, телеобработки, многомашинной и многопроцессорной работы;

внедрение аппаратно-программных средств, обеспечивающих организацию режима виртуальной памяти;

совершенствование системы контроля, внедрение средств исправления одиночных и обнаружения двойных ошибок. Введение и развитие средств диагностики неисправностей и восстановления системы после сбоя;

дальнейшее развитие средств микропрограммного управления, введение перезагружаемой памяти микропрограмм;

развитие системы программного обеспечения, обеспечившей новые режимы работы ЭВМ и новые технические средства.

Следует отметить, что серия машин ЕС ЭВМ-2 обеспечивает программную совместимость между моделями этого ряда и с машинами ЕС ЭВМ-1. Кроме того, система ЕС ЭВМ-2, так же как и ЕС ЭВМ-1, сохраняет полную совместимость на уровне программ пользователей с широко распространенными системами ЭВМ, выпускаемыми за рубежом, т. е. вписывается фактически в образовавшийся за последние 10—15 лет мировой стандарт внешней структуры ЭВМ общего назначения.

Предлагаемая вниманию читателей книга охватывает широкий круг вопросов архитектуры, внутренней структуры, организации вычислительных систем, а также вопросов программного обеспечения машин ЕС ЭВМ-2. Это первая публикация, в которой комплексно освещены принципы работы новой системы.

Академик В. С. Семенихин.

### 1.1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Семейство программно-совместимых вычислительных машин третьего поколения, получившее название Единая система электронных вычислительных машин (ЕС ЭВМ), включает ряд моделей быстродействием от нескольких тысяч до нескольких миллионов команд в секунду. Все модели Единой системы объединены общими принципами работы, однообразием процедур управления, однотипным способом организации связей между отдельными модулями системы. Благодаря большой номенклатуре внешних устройств, стандартному способу их подключения можно создавать вычислительные системы различной конфигурации. Программное обеспечение в сочетании с аппаратными средствами обеспечивает эффективную работу ЕС ЭВМ в различных режимах для решения широкого круга научно-технических, экономических, управленческих и других задач, а кроме того, дает возможность применения ЭВМ Единой системы как в различных по назначению вычислительных центрах, так и в различного рода автоматизированных системах управления и обработки данных.

В настоящее время завершены две очереди работ по программе Единой системы: первая очередь — ЕС ЭВМ-1 и вторая очередь — ЕС ЭВМ-2.

При создании ЕС ЭВМ-1 основная цель заключалась в разработке семейства электронных вычислительных машин третьего поколения, отвечающих современным требованиям, предъявляемым к архитектуре, программному обеспечению, конструкции и технологии. Кроме того, в результате стремительно развивающихся областей применения ЭВМ появилась необходимость в средствах вычислительной техники, обладающих высокими эксплуатационными качествами и рассчитанных на массовое производство.

Эта задача не могла быть выполнена без решения вопросов дальнейшего развития теории организации структур и вычислительных процессов ЭВМ, развития смежных областей науки и техники, обеспечивающих создание новой элементной базы на интегральных схемах, новых материалов и оборудования. При этом широко развивались и внедрялись методы автоматизации проектирования и производства ЭВМ. Структура и принципы работы ЕС ЭВМ-1 определяются следующими основными концепциями:

- программной совместимостью ЭВМ;
- стандартным набором команд, форм и форматов представления данных;
- стандартным набором операционных устройств;
- стандартными процедурами управления системой ввода-вывода;
- широкой номенклатурой внешних устройств, подключаемых через стандартный интерфейс ввода-вывода;
- единством принципов конструирования, обеспечивающих высокую степень унификации.

ЕС ЭВМ-1 включает несколько десятков типов периферийных устройств, четыре операционные системы и семь моделей ЕС ЭВМ: ЕС-1010 (ВНР), ЕС-1020 (СССР), ЕС-1021 (ЧССР), ЕС-1030 (СССР), ЕС-1032 (ПНР), ЕС-1040 (ГДР) и ЕС-1050 (СССР).

В последующие годы разработаны новые модели: ЕС-1012 (ВНР), ЕС-1022 (СССР),

ЕС-1033 (СССР) и ЕС-1052 (СССР), являющиеся модификациями ранее созданных ЭВМ ЕС-1010, ЕС-1020, ЕС-1030 и ЕС-1050.

Основные технические характеристики ЕС ЭВМ-1 широко публиковались ранее.

Таким образом, в рамках ЕС ЭВМ-1 разработаны и эксплуатируются одиннадцать моделей семейства Единой системы.

В ЕС ЭВМ-2, являющейся дальнейшим развитием ЕС ЭВМ-1, сохранены все достоинства предыдущей системы и, кроме того, она дополнена новыми функциональными свойствами. При ее создании использовались последние достижения микроэлектронной компонентной базы. Улучшенные технико-экономические характеристики ЕС ЭВМ-2, которые ставят ее на качественно более высокий уровень развития и удовлетворяют возросшие требования пользователей, получены в результате:

- повышения производительности центральных обрабатывающих устройств и общей эффективности системы с одновременным соблюдением требований к экономичности и технологичности производства;

- расширения функциональных возможностей технических и программных средств;

- развития системы ввода-вывода;

- увеличения емкости оперативной памяти и совершенствования организации хранения данных;

- повышения надежности системы, развития эффективных средств контроля и диагностики;

- дальнейшего развития системы программного обеспечения;

- обеспечения возможности создания многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем;

- разработки нового комплекса периферийных устройств.

В настоящее время в ЕС ЭВМ-2 включена большая номенклатура технических и программных средств ЕС ЭВМ, обеспечивающих работу семи моделей: ЕС-1015 (ВНР), ЕС-1025 (ЧССР), ЕС-1035 (СССР) ЕС-1045 (СССР), ЕС-1055 (ГДР), ЕС-1060 (СССР), ЕС-1065 (СССР).

## **1.2. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ ЕС ЭВМ**

Объединение усилий большого числа коллективов разработчиков, в том числе различных стран, для реализации ЕС ЭВМ возможно при наличии единой логической структуры всей системы, определяющей совокупность взаимных требований и связей между аппаратной и программной составляющими, т. е. при наличии единых принципов работы системы.

Принципы работы ЕС ЭВМ-2 получили развитие благодаря включению в логическую структуру:

- расширенного набора команд;

- расширенных средств управления в процессоре;

- динамического преобразования адресов в процессоре;

- косвенной адресации данных в каналах;

- блок-мультиплексного режима работы каналов;

- новых средств многопроцессорной работы;

- средств повышения точности операций с плавающей запятой;

- расширенной системы прерываний;

- новых средств отсчета времени;

- средств регистрации программных событий;

- средств обеспечения мониторинговых программ;

- средств повышения эффективности контроля и диагностики.

**Система команд.** ЕС ЭВМ-2 в отличие от ЕС ЭВМ-1 (вычислительные функции которой реализуются универсальной системой команд) обладает более развитым



набором команд. Дополнительные команды предназначены для обеспечения новых функций процессора и каналов, обеспечения многопроцессорных средств и средств отсчета времени, а также для расширения возможностей научно-технического применения ЭВМ. Кроме того, в значительной степени увеличен набор команд, с помощью которых выполняются функции управления системой.

**Режимы управления в процессоре.** В ЕС ЭВМ-2 предусмотрены два режима работы процессора: режим основного управления и режим расширенного управления.

Режим основного управления обеспечивает функционирование вычислительной машины в соответствии с принципами работы ЕС ЭВМ-1. Режим расширенного управления предназначен для использования новых функций и средств ЕС ЭВМ-2. С этой целью в структуру процессора введены управляющие регистры, к которым может адресоваться программа. В управляющих регистрах хранится информация о состоянии системы и управляющая информация, необходимая при реализации возможностей ЕС ЭВМ-2.

**Динамическое преобразование адресов** (динамическая переадресация). Эффективность вычислительной системы во многом определяется способом организации хранения данных, принятой системой адресации и структурой распределения потоков информации. В ЕС ЭВМ-2 эти вопросы решены введением средств динамического преобразования адресов и косвенной адресации данных, которые при соответствующей поддержке операционной системы и в совокупности с ней позволяют использовать поле виртуальной памяти объемом 16 Мбайт.

Понятие «виртуальная» получило в последние годы широкое распространение и буквально означает «кажущаяся». Оно используется в таких терминах, как «виртуальная память», «виртуальные машины» и т. д. В данном случае это означает, что при работе программиста с физически ограниченным объемом оперативной памяти или нескольких пользователей одновременно с одной вычислительной машиной у них создается полная иллюзия того, что в первом случае используется в несколько раз больший объем оперативной памяти, а во втором — каждому пользователю предоставлена своя собственная установка со всеми ресурсами. Эта иллюзия достигается за счет специальной организации управления соответствующими процессами. Такова чисто внешняя сторона понятия виртуальности. Внутренний смысл заключается в том, что виртуальная организация позволяет более эффективно использовать ресурсы системы, например в приведенных примерах за счет уменьшения ограничений на объем оперативной памяти или соответственно ограничений на совместное применение оборудования.

Введение средств динамической переадресации уменьшает ограничения, связанные с необходимостью назначения для программ фиксированных областей реальной оперативной памяти. Средства динамического преобразования адресов позволяют размещать программы или их части во внешних запоминающих устройствах (т. е. вне оперативной памяти) с последующим введением их в свободную область оперативной памяти по запросу под управлением процессора. Эти перемещения, а также перемещения информации из оперативной памяти во внешнюю, выполняются автоматически системой без вмешательства программиста. Это позволяет эффективно использовать ресурсы ЭВМ, в том числе ресурсы оперативной памяти, в процессе вычислений.

Таким образом, средства динамической переадресации представляют пользователю оперативную память, объем которой превышает объем памяти, физически подключенной к ЭВМ.

**Косвенная адресация данных.** Если динамическая переадресация позволяет преобразовывать адреса команд и данных, формируемых в процессоре, то при операциях ввода-вывода в канале для тех же целей служит механизм косвенной адресации данных. Средства косвенной адресации оптимизируют выполнение операций ввода-вывода, позволяя одной команде канала управлять передачей данных,

расположенных в несмежных областях реальной оперативной памяти.

Средства динамического преобразования адресов в процессоре косвенной адресации данных в канале для организации режима виртуальной памяти используются совместно.

**Блок-мультиплексный режим работы** каналов. При блок-мультиплексном режиме осуществляется мультиплексирование блоков данных от различных устройств ввода-вывода, при этом каждый блок данных передается в монопольном режиме. Реализация блок-мультиплексирования в значительной степени повышает эффективность работы каналов за счет параллельной работы нескольких высокоскоростных внешних устройств ввода-вывода.

**Средства многопроцессорной работы.** Многопроцессорная работа предполагает организацию доступа двух (в общем случае многих) процессоров к области памяти, которая определена в конфигурации системы как общая. В системе могут существовать также области памяти, относящиеся к отдельным процессорам. В общем поле оперативной памяти, кроме программ и резидентной части операционной системы, размещается информация о состоянии процессора и необходимых действиях по его управлению. Эта информация хранится в начальной области памяти с адресами 0-4096, которая называется постоянно распределенной (закрепленной) областью.

Многопроцессорные средства предназначены для работы нескольких процессоров с общим полем оперативной памяти. Эти средства обеспечивают разделение основной памяти, префиксацию адреса, межпроцессорную сигнализацию и синхронизацию часов астрономического времени.

**Средства повышения точности операций с плавающей запятой.** Для операций сложения, вычитания и умножения с плавающей запятой в ЕС ЭВМ-2 предусмотрены средства, обеспечивающие работу с мантиссой, состоящей из 28 шестнадцатеричных цифр. Кроме того, выполняются необходимые действия по округлению результата и преобразованию чисел из длинного формата в короткий, и наоборот.

Введение этого средства обусловлено тем, что с повышением производительности вычислительной машины становится возможным решение с высокой точностью сложных и трудоемких научно-технических задач. Эти задачи, как правило, характеризуются большим числом вычислительных итераций, в результате которых при обычной точности вычислений можно ожидать значительное увеличение ошибки округления.

**Система прерываний** позволяет оперативно реагировать и изменять состояние вычислительной машины при определенных условиях, которые возникают в системе или вне ее. К этим условиям относятся требования со стороны средств управления и внешних Устройств, некорректные результаты выполнения операций, неправильная адресация, а также результаты работы схем аппаратного контроля.

Развитие системы прерываний вызвано внедрением средств отладки программ, совершенствованием аппаратуры обнаружения и коррекции ошибок, а также расширением функциональных свойств процессора и возможностей мультипроцессорной организации.

**Средства отсчета времени.** В ЕС ЭВМ-1 единственным аппаратным средством отсчета времени был интервальный таймер. Повышение производительности процессора потребовало создания новых средств, разрешающая способность которых была бы соизмерима со скоростью обработки команд. Кроме того, программные средства отсчета времени с использованием только интервального таймера в достаточной степени неудобны, требуют большого объема памяти и занимают значительное время процессора для своей работы.

В ЕС ЭВМ-2, помимо интервального таймера, введены часы астрономического времени и таймер процессора. Они реализованы в виде аппаратных 52-разрядных: счетчиков, с разрешающей способностью— 1 мкс. Их значения устанавливаются по командам **ВЫСТАВИТЬ ЧАСЫ** и **УСТАНОВИТЬ ТАЙМЕР ПРОЦЕССОРА**.

В состоянии останова процессора содержимое таймера процессора не изменяется. Однажды установленные часы астрономического времени идут и в тех случаях, когда процессор находится в состоянии ожидания или останова. Часы измеряют истекшее время. С их помощью можно определить дату и время суток.

Прерывание от таймера процессора возникает каждый раз, когда в нем содержится отрицательная величина. Для прерывания работы процессора по заданному показателю часов астрономического времени в процессоре имеется компаратор, в который командой УСТАНОВИТЬ КОМПАРАТОР устанавливается заданная величина.

Для записи в память показаний часов, таймера процессора и компаратора введены новые команды: ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ПОКАЗАНИЯ ЧАСОВ, ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ЗНАЧЕНИЯ ТАЙМЕРА и ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ЗНАЧЕНИЯ КОМПАРАТОРА.

Регистрация программных событий. Средства регистрации программных событий и обеспечения мониторинговых программ предоставляют пользователю возможность проводить отладку новых программ одновременно с решением других задач.

Эти средства осуществляют прерывание работы процессора и запись в определенную область памяти необходимой пользователю информации при наступлении следующих событий в программе:

- успешного выполнения команды перехода;
- изменения содержимого заданных регистров общего назначения;
- выборки команды из заданной области основной памяти;
- изменения содержимого заданной области основной памяти.

Работа средств регистрации программных событий снижает быстродействие процессора, поэтому для сохранения скорости выполнения программ, не нуждающихся в этих средствах, предусмотрено их маскирование.

Обеспечение мониторинговых программ. Средства обеспечения мониторинговых программ позволяют организовать передачу управления программе, осуществляющей определенные управляющие функции (монитору). Это происходит в том случае, если в выполняемой программе встретилась команда ОБРАЩЕНИЕ К МОНИТОРУ и передача управления разрешена (не замаскирована).

**Контроль и диагностика.** Возможности повышения эффективности контроля и диагностики в ЕС ЭВМ-2 обеспечиваются разнообразными программными и техническими средствами обнаружения, локализации и исправления ошибок, а также средствами, восстанавливающими вычислительный процесс при сбоях.

### 1.3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА АРХИТЕКТУРЫ ЕС ЭВМ

Интегрально оценивая все изменения в логической структуре ЕС ЭВМ-2, можно отметить, что они направлены на развитие основных черт архитектуры ЕС ЭВМ — эффективности, универсальности, совместимости и надежности.

**Эффективность.** Новые модели ЕС ЭВМ-2, представляющие с точки зрения архитектуры одну вычислительную машину, охватывают широкий диапазон производительности, которая увеличивается от младшей модели к старшей. Кроме того, вычислительная мощность каждой модели может быть повышена объединением двух процессоров посредством многопроцессорных средств. Как правило, в пределах одной системы производительность каждой последующей модели выше, чем двухпроцессорной системы, построенной на основе предыдущей.

Модели ЕС ЭВМ-2 имеют лучшие технико-экономические характеристики, чем модели ЕС ЭВМ-1. В частности, в 2—3 раза увеличилось соотношение производительность/стоимость; возросло также абсолютное значение производительности процессоров старших моделей от 0,7 (ЕС-1052) до 5 млн. команд/с (ЕС-1065); увеличился объем оперативной памяти, В зависимости от производительности моделей используется объем памяти от 1 до 8 Мбайт; повысилась

пропускная способность системы ввода-вывода как за счет возможности подключения большего числа каналов, так и увеличения их пропускной способности до 3 Мбайт/с.

Кроме того, в ЕС ЭВМ-2 наряду с операционными системами, разработанными для моделей ЕС ЭВМ-1, используется программное обеспечение, учитывающее новые функции и возможности.

Все это, вместе взятое, дает возможность широкого выбора технических и программных средств, обеспечивая эффективность решения конкретных задач пользователя.

**Универсальность.** Под универсальностью понимается возможность решения широкого круга задач различного класса с примерно одинаковой эффективностью. В ЕС ЭВМ-2 эта возможность, прежде всего, обеспечивается расширением универсальной системы команд, которая состоит из стандартного набора, команд для экономических и научных применений.

Стандартный набор включает команды арифметики с фиксированной запятой, управления, обмена, ввода-вывода, логических операций и команды защиты памяти. Набор команд для экономических применений содержит стандартный набор команд и команды, обеспечивающие работу средств обработки десятичных данных с переменной длиной слова. Команды для научных применений, кроме стандартного набора, охватывают операции с плавающей запятой.

Универсальность применения ЭВМ Единой системы также достигается агрегатным принципом построения технических средств, позволяющим подключать различные по назначению периферийные устройства и развивать систему программного обеспечения, охватывающую режимы мультипрограммирования, разделения времени, диалогового и телеобработки.

Таким образом, посредством выбора соответствующих компонентов строится конкретный вычислительный комплекс, наиболее подходящий для данного применения с учетом требований к производительности, функциональным возможностям и набору периферийных устройств.

**Совместимость.** Архитектура ЕС ЭВМ-2 обеспечивает программную совместимость как между отдельными входящими в нее моделями, так и с моделями ЕС ЭВМ-1. Различные модели ЕС ЭВМ-2 совместимы «снизу вверх» и «сверху вниз». Благодаря этому свойству достигаются удобство обслуживания, использование единых операционных систем и ранее разработанных пакетов прикладных программ, простота обучения и освоения новых моделей.

Однако принцип совместимости имеет ограничения, связанные с тем, что программы должны использовать одинаковые технические средства и не должны зависеть от продолжительности выполнения команд процессором, а также функций, учитывающих специфику данной модели (моделезависимых). Кроме того, программа не должна использовать поля, которые закреплены или могут быть закреплены за специальными функциями технических средств.

ЕС ЭВМ-2 совместима с ЕС ЭВМ-1 «снизу вверх». Для выполнения программ, написанных для ЕС ЭВМ-1, на моделях ЕС ЭВМ-2 необходимо учитывать не только приведенные выше ограничения, но и ограничения, связанные с особенностями новой системы, заключающиеся:

в правильном применении разрядов слова состояния программы, определяющих коды выдачи результатов;

в правильном использовании постоянно распределенных областей памяти ЕС ЭВМ-2;

в учете новых возможностей канала ввода-вывода по предварительной выборке информации, а также новых возможностей по повторению команд и специфике новых команд.

Надежность моделей ЕС ЭВМ-2 обеспечивается как технологией изготовления, так

и применением специальных аппаратно-программных средств (более гибкой системы обработки машинных ошибок, схемы коррекции ошибок оперативной памяти, механизма повторения команд в процессоре и каналах, а также системы микродиагностических процедур).

Кроме того, возможности предотвращения ошибочных записей увеличены в ЕС ЭВМ-2 за счет динамического преобразования адресов, позволяющего изолировать одну программу от другой при совместном использовании одних и тех же ресурсов.

#### 1.4. СТРУКТУРА МОДЕЛЕЙ ЕС ЭВМ-2

Базовая структура моделей ЕС ЭВМ-2 (рис. 1) характеризуется наличием обязательных (стандартных) функциональных устройств пяти уровней: центрального обрабатывающего устройства (процессора), оперативной памяти, каналов, устройств управления

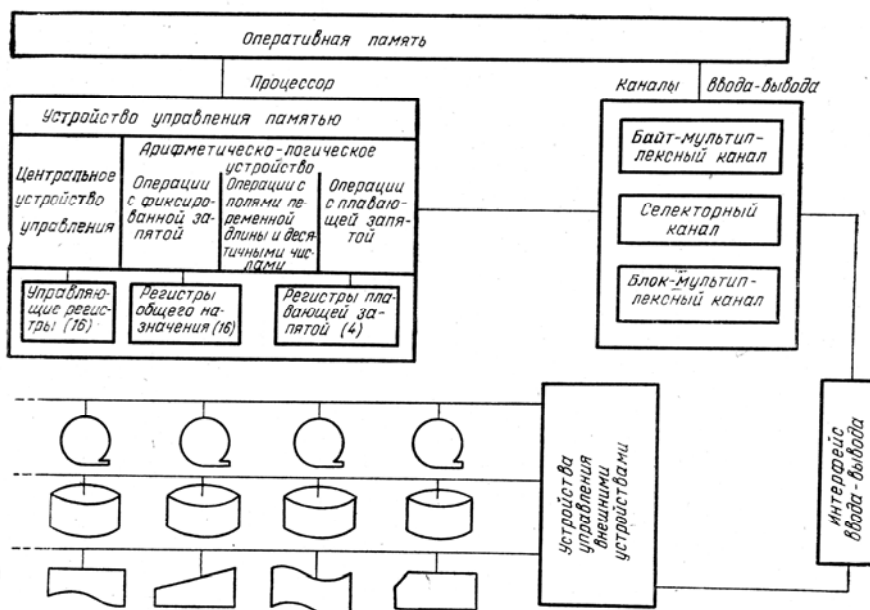


Рис. 1. Базовая структура ЕС ЭВМ-2

периферийными устройствами и периферийного оборудования. Внутренняя организация каждого из этих устройств может быть различна в различных моделях, но при этом сохраняются общие принципы работы, обеспечивающие совместимость и единые способы управления системой.

Периферийное оборудование через устройства управления подключается к каналам посредством стандартного интерфейса ввода-вывода. Собственно, этот интерфейс можно считать шестым обязательным уровнем системы. Каналы имеют связь с центральным процессором, поскольку последний координирует и управляет всей системой в целом, и непосредственную связь с оперативной памятью, благодаря чему достигается независимая работа каналов и процессора. Система допускает подключение каналов различных типов: байт-мультиплексных, селекторных и блок-мультиплексных.

Структура ЕС ЭВМ-2 допускает возможность подключения дополнительных (нестандартных) функциональных устройств (например, матричного процессора, адаптера канал — канал, логического ретранслятора), а также различных пультов, обеспечивающих связь между двумя процессорами на уровне внешних запоминающих устройств или общего поля оперативной памяти.

**Центральный процессор** является ядром системы. В его функции входят выполнение арифметических и логических операций, организация обращений к оперативной памяти, выборка и дешифрация команд, инициирование работы

исполнительных блоков и процедур ввода-вывода, обработка прерываний и др. В соответствии с этими функциями процессор включает центральное устройство управления, арифметическо-логическое устройство и устройство управления памятью.

Внутренняя организация структуры процессора (под которой понимается взаимодействие функциональных узлов и блоков по организации вычислительного процесса) может меняться от модели к модели, но во всех моделях процессор выполняет одни и те же логические функции, т. е. результат выполнения команды будет одинаковым вне зависимости от модели.

В зависимости от требований к производительности и экономичности внутренняя структура допускает параллельную или последовательную обработку информации, различную ширину потоков данных, разное число уровней совмещения команд, а также разные алгоритмы выполнения операций.

В то же время единство принципов работы достигается стандартными средствами: регистром слова состояния программы, общими регистрами, регистрами с плавающей запятой и управляющими регистрами, образующими внутреннюю память процессора. В этих регистрах хранится управляющая информация, информация о состоянии системы, адреса и операнды. Кроме того, соблюдение принципов работы обеспечивается единством форматов и форм представления команд и данных.

Слово состояния программы (ССП), которое хранится в 64-разрядном регистре, предназначено для управления последовательностью команд. ССП содержит адрес текущей команды, а также информацию о состоянии технических средств, имеющих отношение к выполняемой в данный момент программе. Набор этой информации меняется в зависимости от режима управления.

Шестнадцать 32-разрядных регистров общего назначения используются в качестве регистров индекса в операциях для адресации, а также как регистры данных и результата для логических операций и операций с фиксированной запятой.

Регистры общего назначения адресуются от 0 до 15 с помощью четырехразрядного кода, расположенного непосредственно в команде. Для работы с 64-разрядными числами соседние регистры могут использоваться попарно — четный и нечетный регистр.

Регистры с плавающей запятой — четыре 64-разрядных регистра, которые предназначаются для хранения операндов при операциях с плавающей запятой. Первые два и последние два регистра могут объединяться в случае использования расширенного (128-разрядного) формата данных. Шестнадцать 32-разрядных управляющих регистра (РУ) применяются в процессоре для выполнения новых функций ЕС ЭВМ-2. РУ адресуются с помощью четырехразрядного кода в командах ЗАГРУЗКА УПРАВЛЕНИЯ и ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ УПРАВЛЕНИЯ. Возможно обращение к группе управляющих регистров.

Соблюдение принципов работы обеспечивается также единством форматов и форм представления данных.

Все команды (рис. 2) имеют длину в два, четыре или шесть байт и один из шести форматов: *RR*, *RX*, *RS*, *SI*, *S*, *SS*. Формат команды отражает место расположения операнда, который участвует в операции.

В командах формата *RR* оба операнда расположены в общих регистрах или регистрах с плавающей запятой, в зависимости от типа

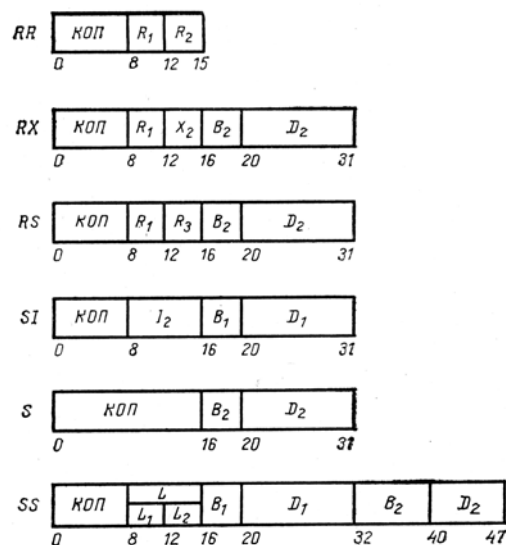


Рис.2. Формат команд

операции. Если выполняется команда формата  $RX$ , то один операнд выбирается из общих регистров или регистров с плавающей запятой, а второй — из оперативной памяти. Причем для этого формата адрес второго операнда (адрес памяти) образуется с помощью индекса. Команды формата  $RS$  отличаются от команд формата  $RX$  только тем, что для них не требуется индексации адреса второго операнда. Для команд формата  $SI$  первый операнд выбирается из оперативной памяти, а второй — непосредственно из команды. При выполнении команд формата  $SS$  оба операнда выбираются из оперативной памяти. Для команд формата  $S$  первый операнд задается в неявной форме, а второй расположен в оперативной памяти.

Выполнение команд в процессоре начинается с выборки команды, адрес которой расположен в регистре слова состояния программы. Затем этот адрес увеличивается на количество байт в команде, образуя адрес следующей команды.

Адрес, по которому осуществляется обращение в оперативную память за данными, содержится в регистре, указанном полем  $R$  команды, либо формируется из базы, индекса и смещения, определенных полями  $B$ ,  $X$  и  $D$  команды (индекс 1 или 2 определяют номер операнда).

База расположена в регистрах общего назначения и представляет собой 24-разрядное число, с помощью которого можно адресовать всю оперативную память. Базовый адрес используется для адресации области программы или массивов данных, а также может служить в качестве индекса.

Индекс также расположен в регистрах общего назначения и применяется только в командах формата  $RX$  для адресации отдельного элемента в массиве с помощью 24-разрядного числа.

Смещение — это 12-разрядное число, заданное непосредственно в команде, которое адресует отдельные разделы массива объемом 4095 байт.

При формировании адреса база, индекс и смещение складываются как положительные двоичные числа, причем переполнение игнорируется.

В командах формата  $SS$  и  $S$  длина операндов в байтах задается полем  $L$ .

Развитие структуры процессора ЕС ЭВМ-2 направлено на повышение эффективности вычислительного процесса. В этом плане, кроме новых функций, определенных принципами работы, наиболее важными являются дальнейшее развитие и внедрение микропрограммного управления, а также введение в структуру процессора буферной оперативной памяти, обеспечивающей выборку данных с темпом, соответствующим циклу работы процессора.

**Оперативная память** предназначена для хранения массивов данных и должна обеспечивать быстрый доступ с прямой адресацией к информации со стороны процессора и каналов. Наибольший объем оперативной памяти равен 16777216 байтам и определяется 24-разрядным адресом, который всегда указывает на крайний левый байт при выборке какого-либо блока информации. При этом длина адресуемого блока памяти определяется двумя способами: явно и неявно. В первом случае адрес сопровождается кодом длины, который указывает, какое количество байт адресуется. Это позволяет пользоваться данными переменной длины. Во втором — длина поля данных определяется кодом команды. В этом случае говорят о фиксированной длине информации, поскольку она может быть равна только 1, 2, 4 или 8 байтам.

Для правильного определения начала блоков информации фиксированной длины установлено определенное правило целочисленности границы расположения данных в оперативной памяти. В соответствии с этим правилом данные фиксированной длины располагаются в памяти, начиная с целочисленной границы для данного блока памяти. Граница для некоторого блока информации называется целочисленной, если ее адрес кратен числу байт в блоке. Таким образом, двоичный код адреса обращения к оперативной памяти за полусловом, словом или двойным словом информации должен иметь соответственно один, два или три младших разряда, равных нулю. Для большинства непривилегированных команд в процессорах ЕС ЭВМ-2 снято

ограничение на размещение операндов на целочисленной границе. Это позволяет в некоторых случаях сократить объем памяти, занимаемой данными, однако при этом может существенно уменьшиться быстродействие процессора, особенно для ЭВМ высокой производительности. Поэтому размещение операндов на произвольной байтовой границе рекомендуется лишь в исключительных случаях.

Снижение быстродействия связано с тем, что для выборки операнда, находящегося на нецелочисленной границе, может потребоваться, во-первых, два обращения в оперативную память вместо одного, а во-вторых, выравнивание операнда перед его обработкой в арифметическом блоке. Размещение операнда на нецелочисленной границе для команд записи также требует два обращения в память.

Развитие принципов виртуальности, расширяющих возможности вычислительной системы, привело к образованию понятия логического, реального и виртуального адресов.

Логические адреса — это адреса, используемые программой, которые с помощью средств переадресации преобразуются в реальные.

Различные уровни памяти, связанные между собой каналами передачи информации, образуют совокупность запоминающих устройств вычислительной машины, называемой виртуальной памятью. Наивысший уровень памяти, которым является оперативная память или часть ее, называется реальной памятью. Адреса, используемые для обращения к реальной и виртуальной памяти, соответственно называются реальными и виртуальными.

В зависимости от объема оперативная память может быть реализована как в виде отдельного устройства, так и интегрирована в процессоре. В обоих случаях обеспечивается доступ со стороны процессора и каналов по приоритету, причем каналы имеют наивысший приоритет.

**Каналы ввода-вывода** организуют и обслуживают процесс обмена данными между внешними устройствами и оперативной памятью, освобождая центральный процессор от этих функций. Обмен данными с внешними устройствами происходит в двух режимах: монопольном и мультиплексном.

В ЕС ЭВМ-1 в соответствии с режимами работы использовано два типа каналов: селекторный, обслуживающий в данный момент одно устройство до завершения передачи данных в монопольном режиме, и мультиплексный, работающий как в монопольном, так и мультиплексном режимах, допускающих одновременное выполнение нескольких операций ввода-вывода по передаче данных небольшими порциями (например, байтами) в промежутки времени, меньший 100 мкс.

В ЕС ЭВМ-2 используется новый тип канала — блок-мультиплексный, который позволяет совместить действия по подготовке внешних устройств к передаче данных с операцией ввода-вывода.

Получили дальнейшее развитие и функциональные возможности каналов: введение средств косвенной адресации при операциях ввода-вывода, поддерживающие средства динамической переадресации процессора при организации виртуальной памяти, а также средства повторения команд в канале и двухбайтовый интерфейс. Совокупность указанных средств позволила в значительной степени увеличить эффективность ввода-вывода.

С точки зрения конкретной реализации каналы могут быть выполнены как в виде отдельных независимых устройств, так и с частичным использованием оборудования процессора. В любом случае сохраняется однотипность процедур ввода-вывода, определенная принципами работы ЕС ЭВМ-2.

Широкая номенклатура периферийных устройств Единой системы ЭВМ охватывает устройства различного принципа действия, функционального назначения и скоростных возможностей: перфокарточные и перфоленточные, запоминающие устройства на лентах и дисках, графопостроители и устройства на электронно-лучевых трубках и т. д.

В периферийных устройствах ЕС ЭВМ-2 улучшены технические характеристики



уже существующих средств и созданы новые. Разработаны новые накопители на дисках большой емкости, запоминающие устройства на лентах с высокой плотностью записи информации. Номенклатура периферийных устройств пополнилась за счет дисплейных устройств и систем на их основе.

**Устройства управления** предназначены для управления периферийными устройствами. Физически они могут быть расположены в самих периферийных устройствах, в процессоре, каналах или выполнены как отдельные устройства, но в любом случае сохраняется реализация всех возможностей, обеспечивающих работу каналов с периферийным оборудованием.

Устройства управления соединены с каналом через интерфейс ввода-вывода, обеспечивающего независимость управляющих сигналов от типа устройства.

Устройства управления ЕС ЭВМ-2 совершенствовались в соответствии с развитием периферийных устройств и каналов ввода-вывода.

## ГЛАВА 2

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

---

Повышение эффективности вычислений ЕС ЭВМ-2, прежде всего, связано с развитием структурной организации, а также расширением функциональных возможностей центрального обрабатывающего устройства — процессора и достигается за счет:

- улучшения отношения производительность/стоимость как основного параметра ЭВМ универсального назначения;
- увеличения абсолютного значения производительности для моделей каждого класса;
- создания структур с принципиально новыми качествами: виртуальной организацией, автоматизацией отладки программ, регистрацией событий и др.;
- наличия развитых средств для построения многопроцессорных и многомашинных систем, а также систем специального назначения;
- улучшения эксплуатационных характеристик — надежности и достоверности вычислений, сокращения времени технического обслуживания и др.

В данной главе рассмотрены основные структурные концепции и аппаратные средства процессора, посредством которых реализуются новые возможности по обработке данных в ЕС ЭВМ-2.

#### 2.1. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОРА

Критерием эффективности вычислений процессора для всех моделей ЕС ЭВМ является отношение производительность/стоимость, т. е. достижение заданной производительности при наименьших затратах оборудования. Однако для различных моделей эта задача решается по-разному. Если для машин малого и среднего быстродействия заданная производительность обеспечивается относительно несложными структурными приемами и в связи с этим определяющим является снижение стоимости оборудования благодаря применению более дешевой элементно-конструктивной и технологической базы, то для машин высокой производительности, использующих, как правило, последние достижения микроэлектроники и технологии, особую сложность представляют организация структуры ЭВМ и оптимизация вычислительного процесса для получения заданной скорости вычислений. С этой точки зрения эффективность структуры процессора в основном определяют:

- разрядность трактов обработки и передачи данных;
- число уровней совмещения обработки команд;
- структура и алгоритмы работы исполнительных блоков;
- организация выполнения команд передачи управления;
- организация внутренней памяти процессора;
- степень совместного использования оборудования процессором и каналами.

Кроме того, совершенствование организации внутренней структуры процессора во всех моделях ЕС ЭВМ-2 связано с развитием принципов микропрограммного управления и реализацией возможностей подключения специализированных устройств, оптимизированных на выполнение определенного класса задач.

**Разрядность трактов обработки и передачи данных.** Выбранные в ЕС ЭВМ способы адресации оперативной памяти и байтовая форма представления данных позволяют в различных моделях использовать различную разрядность трактов

обработки и передачи данных в зависимости от экономической целесообразности и возможности достижения заданных параметров по производительности.

Применительно к процессору различается разрядность тракта обработки операндов, т. е. разрядность арифметического устройства, и разрядность тракта обмена данными (командами и операндами) между процессором и оперативной памятью.

Разрядность тракта обмена данными влияет как на скорость обработки, так и на объем оборудования процессора. Это прежде всего связано с тем, что разрядность тракта обмена данными во многом определяет организацию и эффективное время работы оперативной памяти.

Как правило, оперативное запоминающее устройство разделено на независимые логические блоки, что обеспечивает возможность обращения к одним блокам до завершения начатой операции в других блоках. При этом используется принцип чередования адресов или так называемого расслоения оперативной памяти, который заключается в том, что адреса смежных адресуемых ячеек памяти находятся в разных логических блоках. Обычно используют 2-, 4- или 8-кратное расслоение памяти, т. е. в системе имеется 2, 4 или 8 независимых блока памяти. Разрядность тракта обмена данными с одним логическим блоком составляет 2, 4 и 8 байт. При расслоении памяти для каждого логического блока используются свои независимые магистрали обмена данными.

Разрядность тракта обмена данными в большинстве случаев однозначно определяет разрядность тракта обработки операндов в арифметическо-логических устройствах.

Под разрядностью арифметического устройства понимается разрядность сумматора и основных регистров операндов. Причем при наличии в процессоре нескольких сумматоров, как, например, в высокопроизводительных процессорах, разрядность определяется сумматором, на котором выполняются действия над операндами с фиксированной запятой.

Поскольку оборудование арифметического устройства составляет от 40 до 70% общего объема оборудования процессора, выбор ширины обработки данных существенно влияет на общий объем оборудования. В то же время очевидно, что при сокращении разрядности тракта обработки будет увеличиваться время выполнения действий над операндами, размер которых превышает разрядность тракта обработки. Учитывая это, обычно ширина тракта обмена и обработки выбирается равной 2, 4 и 8 байтам для машин малой, средней и высокой производительности соответственно.

**Число уровней совмещения обработки команд.** Для повышения скорости обработки команд в процессорах используется метод совмещенной обработки, заключающийся в том, что весь процесс обработки разбивается на этапы и выполнение различных этапов нескольких последовательных команд совмещается в одном цикле работы процессора. Для обеспечения совмещенной обработки команд в процессоре выделяются функционально-независимые блоки, каждый из которых выполняет только один из этапов обработки команды. Например, для случая трехуровневого совмещения процесс обработки разбивается на три этапа: этап подготовки команды к выполнению, т. е. выборка команды из оперативной памяти и формирование адресов операндов, этап выборки операндов и этап непосредственного выполнения операции в арифметическом устройстве. Разбиение на этапы обычно проводится исходя из равенства времен выполнения отдельных этапов, так как только в этом случае отдельные функциональные блоки процессора, обеспечивающие совмещенную обработку, используются максимально эффективно, т. е. не простаивают в ожидании завершения работы предыдущих или последующих блоков.

Для трехуровневого совмещения в процессоре необходимо выделить блок выборки команд и формирования адресов, блок выборки операндов и блок исполнительный или арифметическое устройство.

Кроме того, для процессоров ЕС ЭВМ-2 характерны этапы предвыборки команд и операндов и буферирование их для последующей обработки, а также совмещение

выполнения различных операций в исполнительных блоках арифметическо-логического устройства, что еще более увеличивает число этапов обработки и количество уровней совмещения.

Хотя эффективность метода совмещенной обработки команд с точки зрения увеличения пропускной способности процессора зависит от числа уровней совмещения, однако эта зависимость не пропорциональная. Полное использование эффективности метода совмещения довольно редко достигается при решении задач, поскольку любая команда успешного перехода в программе или применение следующей командой результатов, полученных при выполнении предыдущей команды, вызывает приостанов обработки команд.

Действительно, время  $T_c$  обработки  $S$  команд при  $K$  уровнях совмещения можно представить следующим выражением:

$$T_c = T \left( \frac{K + S - 1}{K} \right),$$

где  $T$  — время выполнения одной команды без совмещения.

Нетрудно заметить, что при выполнении одной команды ( $S=1$ )  $T_c = T$ , а при полной загрузке процессора в течение длительного времени ( $S \rightarrow \infty$ ) темп обработки команд стремится к величине, равной  $T/K$ . Таким образом, метод совмещения не сокращает времени выполнения одной команды; он позволяет увеличить пропускную способность устройства. Поэтому если среди команд  $S$  встречаются зависимые (команды, при последовательном поступлении которых на вход устройства обработка последующей команды может быть начата только после завершения выполнения предыдущей), то пропускная способность процессора снижается на величину, определяемую порядком зависимости уровней совмещения по сравнению с тем случаем, когда зависимость команд отсутствует. Уровни обработки команд с номерами  $m$  и  $n$  ( $m < n$ ) являются зависимыми, если для начала обработки текущей команды на уровне  $m$  необходимо и достаточно, чтобы была закончена обработка предыдущей команды на уровне  $n$ . Величина  $N = n - m$  называется порядком зависимости уровней совмещения. Можно показать, что в этом случае темп обработки команд процессором определяется выражением

$$T_c = T \left( \frac{K_1 + S - 1}{K_1} \right),$$

где  $K_1 = K/N$ . Физически это означает, что в случае зависимости команд как бы уменьшается число уровней совмещения и, следовательно, снижается пропускная способность процессора. Так, если выполнение команды на первом уровне не может начаться пока не будет выполнена команда на последнем уровне (например, результат предыдущей команды изменяет содержимое последующей команды), то порядок зависимости уровней совмещения  $N$  равен  $K$ , что равносильно работе без совмещения ( $K_1 = 1$ ).

Представленная выше зависимость эффективности совмещения выполнения команд от связности команд рассмотрена в самом общем виде. На самом деле эта зависимость гораздо сложнее и, кроме того, на эффективность совмещения выполнения команд влияет большое число других факторов. Следует учитывать также, что совмещение обработки увеличивает объем оборудования и усложняет схемы управления.

Все эти обстоятельства приходится учитывать при выборе количества уровней совмещения обработки команд в каждом конкретном случае для достижения заданных параметров и прежде всего такого, как отношение производительность/стоимость. Опыт разработки ЭВМ Единой системы и проведенные исследования показывают, что для такого класса машин технически и экономически целесообразным является совмещенная обработка, при которой одновременно выполняются до пяти команд.

Поэтому процессоры различных моделей ЕС ЭВМ-2 обычно используют двух- и пятиуровневое совмещение в зависимости от производительности. В то же время в младших моделях обеспечивается последовательная обработка команд, а в тех машинах, где применяется совмещение, предусмотрены режимы работы без совмещения для облегчения поиска и локализации неисправностей при диагностических процедурах.

**Структура и алгоритмы работы исполнительных блоков.** Данные устройства включают традиционные арифметическо-логические блоки процессора и специализированные аппаратные средства (например, блок ускоренного умножения), которые получили развитие в ЕС ЭВМ-2. В этих устройствах выполняются все арифметические и логические операции универсального набора команд ЕС ЭВМ-2, включающего операции над числами с фиксированной запятой, с плавающей запятой обычной и повышенной точности, логические операции и операции в десятичной системе счисления. Операции выполняются с полями фиксированной и переменной длины.

Дальнейшее повышение эффективности исполнительных устройств в ЕС ЭВМ-2 по сравнению с ЕС ЭВМ-1 определяется:

- расширением функциональных возможностей;
- совершенствованием структурной организации;
- использованием более эффективных алгоритмов.

Расширение функциональных возможностей исполнительных устройств процессоров ЕС ЭВМ-2 связано с введением средств, позволяющих выполнять операции с плавающей запятой с повышенной точностью. В этом случае повышается эффективность процессора при решении научно-технических задач и прежде всего тех, которые имеют большое число вычислительных итераций. Использование операций с плавающей запятой обычной точности при решении этих задач в некоторых случаях не обеспечивает необходимую точность результата из-за ошибки округления. Введение средств, которые позволяют работать с мантиссой, состоящей из 28 шестнадцатеричных цифр, снижает критичность указанного фактора. В ЕС ЭВМ-2 введено семь команд арифметики с плавающей запятой повышенной точности: СЛОЖЕНИЕ С НОРМАЛИЗАЦИЕЙ, ЗАГРУЗКА С ОКРУГЛЕНИЕМ (преобразование расширенного операнда в длинный), ЗАГРУЗКА С ОКРУГЛЕНИЕМ (преобразованием длинного операнда в короткий), УМНОЖЕНИЕ (расширенные операнды), УМНОЖЕНИЕ (преобразование длинных сомножителей в расширенное произведение — формат команды *RR*), УМНОЖЕНИЕ (преобразование длинных сомножителей в расширенное произведение — формат команды *RX*), ВЫЧИТАНИЕ С НОРМАЛИЗАЦИЕЙ.

Структура исполнительных устройств различных моделей ЕС ЭВМ-2 определяет следующую тенденцию:

минимальный объем оборудования за счет универсальных арифметических устройств с малой разрядностью операционных блоков (8—16 бит) для младших моделей;

использование дополнительного оборудования, ускоряющего выполнение отдельных операций с увеличением разрядности операционных узлов до 32 бит для моделей среднего класса;

достижение максимального быстродействия в старших моделях за счет специализации на операциях арифметических блоков большой разрядности (64 бита);

использование микропрограммного управления в полном объеме операций для младших и средних моделей, а также для старших моделей в той мере, в которой возможно достижение заданной производительности.

С введением в процессор буферной оперативной памяти, которая обеспечивает выборку данных со скоростью, равной циклу работы процессора, время выполнения операций в операционных блоках исполнительных устройств стало решающим при

определении быстродействия ЭВМ. Скорость вычислений процессора в наибольшей степени зависит от выполнения операций типа сложение/вычитание и умножение/деление с фиксированной и плавающей запятой. Исходя из этого структура операционных блоков в первую очередь должна быть ориентирована на быстрое выполнение указанных операций.

Одним из эффективных и широко используемых методов структурной организации исполнительных блоков, приводящих к повышению производительности, является применение принципа локального параллелизма, заключающегося в распараллеливании во времени алгоритма выполнения отдельной операции на ряд независимых участков. Такое распараллеливание возможно, если результат работы одного участка алгоритма не зависит от результата работы другого. Так, при выполнении операции с плавающей запятой действия над порядками выполняются одновременно с действиями над мантиссами.

Конкретная реализация этого принципа требует введения нескольких обрабатывающих функциональных узлов, работающих параллельно во времени: сумматора мантисс, сумматора порядков, операционного сдвигателя, схем анализа. Принцип локального параллелизма приводит к повышению быстродействия не только за счет параллельной обработки собственно операндов, но также за счет параллельного анализа операндов, выполнения функций контроля и управления.

В старших моделях ЕС ЭВМ-2 применяется также хорошо известный способ увеличения быстродействия — способ конвейерной обработки. Для реализации конвейерной обработки вся обрабатывающая аппаратура разбивается на последовательно работающие друг на друга ступени, выполняющие элементарные операции. Последовательность выполняемых элементарных операций при прохождении всех ступеней определяет выполнение полной операции. Высокое быстродействие конвейерного способа обработки объясняется малым фиксированным временем выполнения элементарной операции и одновременностью работы всех ступеней. Промежуточные результаты обработки на указанных ступенях запоминаются на регистрах, что позволяет избежать эффект рассинхронизации. Выбор числа ступеней и времени такта их работы определяется возможностью достижения заданной производительности с учетом ограничений на объем оборудования и удобства получения требуемой тактовой частоты из основной частоты синхронизации, а также исходя из функционального состава и физических свойств выбранной системы элементов.

Быстродействие исполнительных блоков может быть увеличено также за счет их специализации. Специализация, т. е. ориентирование функций блока на выполнение операции одного типа, позволяет оптимальным образом (для конкретного блока) достигнуть максимально возможного при существующей технологии быстродействия, хотя (как недостаток) следует отметить значительный объем оборудования, требуемый для реализации всей совокупности операций. Поэтому одной из основных проблем является оптимальный выбор числа и типов блоков. Поскольку специализированные блоки применяются для самых высокопроизводительных моделей, где необходимо получить максимально возможное быстродействие, не считаясь с затратами оборудования, то при выборе типов блоков, т. е. их организации, ориентируются на ускорение выполнения операций, которые на универсальных блоках обрабатываются более чем за один машинный цикл. К таким операциям в первую очередь относятся операции умножения, деления, сложения с плавающей запятой. Исходя из этого, в процессоре старшей модели ЕС ЭВМ-2 использованы следующие типы исполнительных специализированных блоков: блок операций с фиксированной запятой, блок операций с плавающей запятой, блок умножения и деления, а также блок десятичной арифметики.

Дальнейшим развитием описанного способа повышения быстродействия исполнительных устройств является организация параллельной работы операционных

блоков. Однако для высокой эффективности параллельной работы необходимы специальные программные средства, позволяющие распределять потоки команд с учетом специализации блоков.

Проблема оптимального соотношения скорости и экономичности для ЭВМ среднего класса, как правило, решается путем ускорения лишь некоторых операций. Для этих целей используются «акселераторы», т. е. дополнительное оборудование, работающее с повышенной тактовой частотой и ориентированное на ускорение определенного участка алгоритма выполнения некоторых операций.

Так, в ЭВМ ЕС-1045 использован акселератор выполнения ряда операций, основанный на табличном способе получения результата. Акселератор реализован на быстродействующих микросхемах постоянной программируемой памяти (ППЗУ) с организацией 256x4. Таблица хранится в ППЗУ, и в зависимости от входного сигнала на выходе ППЗУ формируется соответствующий результат. Иными словами, в зависимости от заложенной в ППЗУ программы на его выходе обеспечиваются различные булевы функции входного набора. Ускорению подвергаются и операции, которые существенно влияют на производительность (умножение, пересылка, упаковка), и операции, которые, с одной стороны, удобно реализуются с помощью табличного метода, а с другой — не требуют дополнительных затрат оборудования. Управление акселератором осуществляется специальной управляющей памятью акселератора емкостью 512 48-разрядных слов, цикл которой вдвое меньше цикла управляющей памяти процессора. Применение акселератора позволило повысить производительность центрального процессора ЭВМ ЕС-1045 в среднем на 15% при увеличении оборудования на 6%.

Пропускная способность исполнительных блоков во многом определяется эффективностью алгоритмов выполнения многотактных операций (сложения, умножения, деления с плавающей запятой, преобразования кодов, ряда операций для обработки полей переменной длины). В данном случае под эффективными алгоритмами понимаются алгоритмы, которые оптимально используют структуру исполнительных блоков. Очевидно, что для каждого класса ЭВМ Единой системы эти алгоритмы будут различны.

**Организация выполнения команд передачи управления.** При оценке внутреннего быстродействия процессора используются так называемые смеси команд, в которых учитываются время выполнения и повторяемость (вес) отдельных команд в программах наиболее характерных классов задач. Статистические данные показывают, что наибольшее влияние на скорость вычислений процессора имеют всего около десяти типов команд, которые требуют повышения скорости выполнения. К таким командам (наряду с рассмотренными в предыдущем разделе) относятся также команды передачи управления, влияющие не только на быстродействие, но и в значительной степени на структуру процессора.

В ЕС ЭВМ получили широкое распространение два метода повышения скорости выполнения команд передачи управления. Первый основан на статистическом учете вероятности успешного выполнения команды условной передачи управления, а второй — на статистическом учете наиболее вероятной длины программных циклов, реализованных с помощью команд условной передачи управления.

Реализация первого метода требует быстрой предварительной выборки команд из оперативной памяти, совмещенной обработки и введения в структуру процессора дополнительных буферов объемом 8—16 байт. Один из буферов используется для хранения основной последовательности команд при выполнении программы. Если встречается команда передачи управления, то оценивается наиболее вероятный исход ее выполнения и организуется выборка команд той ветви программы, которые наиболее вероятно будут выполняться после завершения команды перехода. Эти команды помешаются во второй буфер и начинают обрабатываться еще до того, как выполнится команда передачи управления. При правильной оценке сохраняется высокая скорость

обработки команд, в противном случае не требуется выборки другой ветви, поскольку она хранится в первом буфере и может обрабатываться сразу после завершения выполнения команды передачи управления.

В наиболее мощных по производительности ЭВМ в структуру процессора вводится третий буфер предвыбранных команд. Он используется для хранения команд, выбранных в результате обработки следующей команды условной передачи управления, в наиболее вероятной ветви программы до завершения выполнения предыдущей.

Реализация второго метода ускорения выполнения команд условной передачи управления связана с организацией буфера обработанных команд, в котором сохраняется обычно от 64 до 128 двойных слов команд, т. е. при выполнении основной последовательности команд в программе обработанные команды не уничтожаются, а накапливаются в специальном буфере. В этом случае должен быть предусмотрен специальный алгоритм замещения в буфере обработанных команд старой информации на новую. Основная идея второго метода заключается в том, что поскольку при написании программ команды условной передачи управления обычно ставятся в конце циклического участка программы, то в большинстве случаев этот условный переход будет указывать на уже выбранный участок программы. Именно этот участок программы с большей вероятностью сохраняется в буфере обработанных команд, что позволяет сократить время на подготовку команд новой ветви для исполнения.

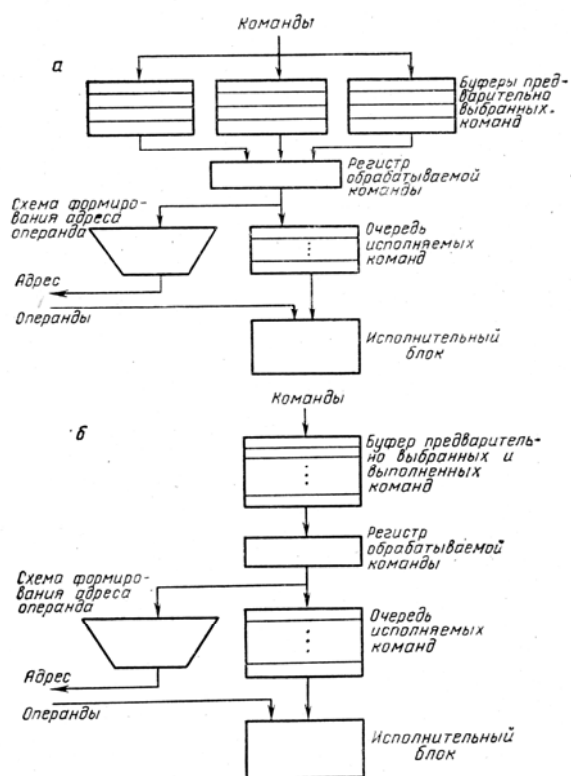


Рис. 3. Схема выполнения команд передачи управления по методу оценки вероятности перехода (а) и методу оценки длины цикла (б)

На рис. 3 показаны структурные схемы трактов прохождения команд при ускорении выполнения команд передачи управления по методу оценки вероятности перехода (а) и методу вероятной длины цикла (б).

Оба рассмотренных метода при реализации требуют дополнительных затрат оборудования и приводят к значительному усложнению алгоритмов управления в процессоре, однако они применяются в старших моделях ЕС ЭВМ-2, поскольку ведут к существенному повышению быстродействия процессора, сокращая время выполнения команд передачи управления в 2—3 раза.

**Организация внутренней памяти процессора.** Внутреннюю память процессора составляют большое число регистров и буферных памяти для временного хранения промежуточных результатов, получаемых во время выполнения операций, хранения массивов данных при обмене, хранения

управляющих признаков и информации о состоянии ЭВМ при выполнении программы, а также информации, управляющей последовательностью выполнения команд. Эффективность вычислений в процессоре во многом обусловлена структурой и быстродействием внутренней памяти, поскольку некоторые ее компоненты непосредственно определяют или в значительной степени влияют на цикл работы процессора.

Одной из важных характеристик процессора и ЭВМ является скорость обмена данными процессора и каналов ввода-вывода с оперативной памятью. Как уже



отмечалось, выбор оптимальной разрядности трактов обмена и использование метода расслоения оперативной памяти позволяют повысить скорость обмена данными, однако существенным фактором увеличения этой скорости является снижение времени выборки и времени цикла оперативной памяти. В процессорах ЕС ЭВМ-2 для сокращения эффективного цикла оперативной памяти используются буферная память процессора и буферная память каналов.

Оперативная буферная память — это промежуточный блок памяти (между основной оперативной памятью и процессором), работающий с циклом процессора и обеспечивающий хранение наиболее часто используемых процессором массивов команд и операндов. Обычно объем буферной памяти составляет от 8 до 64 Кбайт, что позволяет сократить время обращения к оперативной памяти. Заполнение буферной памяти происходит по мере выборки данных из основной оперативной памяти в процессе выполнения программы. Поскольку программы имеют ограниченный объем команд и операндов и обычно работают в циклическом режиме обработки массива данных, то после выполнения первого цикла около 90—95% необходимой информации будет находиться в буферной памяти. Следовательно, при дальнейшей работе программы выборка команд и операндов будет проводиться не из оперативной, а из буферной памяти. В этом случае эффективный цикл оперативной памяти будет близок циклу буферной памяти. Алгоритмы замещения информации в буферной памяти обеспечивают сохранение наиболее часто применяемых массивов данных. Обмен между оперативной и буферной памятью осуществляется блоками, содержащими от 16 до 64 байт, что позволяет эффективно использовать расслоение оперативной памяти.

Буферная память процессора может использоваться для работы каналов ввода-вывода, но это ведет к появлению конфликтных ситуаций при одновременном обращении от каналов и процессора и, следовательно, к снижению эффективности работы буферной памяти. Поэтому для повышения скорости обмена данными между каналами и оперативной памятью чаще используется специальная буферная память каналов, которая разбита на группы регистров, выделенных для каждого канала ввода-вывода. В этих регистрах хранятся, как правило, по 4—8 двойных слов информации. При такой организации обмена появляется возможность эффективно использовать расслоение памяти и сократить время обмена данными за счет того, что канал осуществляет ее обмен не с оперативной памятью, а с буферной памятью канала. Обмен информацией между оперативной памятью и буферной памятью канала также обеспечивается блоками по 4—8 двойных слов.

Введение буферных памяти, помимо сокращения эффективного цикла оперативной памяти, приводит и к снижению числа конфликтов при одновременном обращении к памяти от каналов и процессора. И первое, и второе особенно важно для ЭВМ высокой производительности, что и определило использование буферных памяти в средних и старших моделях ЕС ЭВМ-2. Применение этих памяти в младших моделях нецелесообразно из-за относительно высокой стоимости дополнительного оборудования, требуемого на их реализацию, и значительного усложнения организации структуры управления процессора.

Способ хранения промежуточных результатов вычислений также во многом определяет структуру процессора. По существу в ЕС ЭВМ этот способ определен системой команд, формой представления данных и принятой структурой адресации. В общем случае можно представить три варианта организации хранения промежуточных результатов, получаемых при выполнении вычислений.

Первый из них основан на том, что любые результаты без промежуточного запоминания в процессоре сразу же после окончания вычислений пересылаются в оперативную память. Это один из самых неэкономичных способов, поскольку требуется многократное обращение к оперативной памяти в процессе выполнения одной команды.

При втором варианте предусматривается использование промежуточного регистра,

через который осуществляется пересылка результатов в оперативную память. Здесь число пересылок сокращается, поскольку информация в регистре может использоваться при выполнении операций. Но и в этом случае требуется все же достаточно частое обращение в оперативную память для освобождения регистра.

При третьем варианте предполагается наличие нескольких регистров, составляющих память небольшого объема, причем для результатов различных групп операций могут использоваться свои собственные регистры. Число регистров или объем памяти в данном случае выбираются такими, чтобы можно было записывать в оперативную память, как правило, только окончательные результаты.

В процессорах ЭВМ Единой системы по существу используются все три рассмотренных способа, причем основным является последний. Для этого в структуре процессора предусмотрено 16 регистров общего назначения и четыре регистра для хранения результатов при операциях с плавающей запятой (см. гл. 1). Регистры общего назначения хранят результаты операций с фиксированной запятой, а также используются в качестве индексных регистров при модификации адреса и выполнении команд, связанных с адресацией, что позволяет не вводить дополнительных регистров для этих целей. Кроме того, для хранения управляющих признаков и информации о текущем состоянии системы при выполнении программы применяются регистр слова состояния программы и группа управляющих регистров.

Непосредственная запись результатов в оперативную память предусмотрена только для команд формата «память — память», при выполнении которых обрабатываются операнды переменной длины. Это связано с тем, что хранение промежуточных результатов потребовало бы введения слишком большого по объему буфера и, кроме того, эти команды не являются определяющими для быстродействия ЭВМ.

В старших моделях для записи информации в оперативную память наряду с рассмотренными способами используются отдельные регистры, которые предназначены для согласования работы процессора и оперативной памяти при командах записи.

Во всех моделях ЕС ЭВМ-2 в том или ином объеме используется микропрограммный способ управления. Организация управляющей памяти микропрограмм является одной из важнейших характеристик, определяющих эффективность работы процессора. В каждом конкретном случае она выбирается исходя из назначения, производительности и структуры ЭВМ. С точки зрения физической реализации управления память микропрограмм делится на два вида: с постоянно записанной информацией и допускающая перезапись информации. Память с постоянно записанной информацией работает только на чтение информации и, как правило, является более быстродействующей и простой по управлению нежели память с перезаписью. В то же время память с перезаписью предоставляет больше дополнительных возможностей для повышения эффективности работы процессора благодаря постоянному совершенствованию алгоритмов выполнения операций.

**Совместное использование оборудования процессором и каналами.** С целью сокращения суммарного оборудования ЭВМ в некоторых моделях Единой системы реализуется принцип так называемых интегрированных каналов. Он основывается на том, что обработка команд в процессоре при выполнении программы и обработка операций ввода-вывода в канале во многом сходны и требуют однотипных как исполнительных, так и управляющих узлов и блоков. Исходя из этого, а также из того факта, что обмен информацией между каналом и внешним устройством занимает значительно большее время по сравнению со временем обмена данными между каналом и оперативной памятью возможно применение части оборудования процессора для выполнения функций каналов. Это позволяет существенно сократить оборудование каналов и разместить его конструктивно в процессоре. Общее оборудование в первую очередь используется процессором. После завершения каналом обмена очередной порцией данных с внешним устройством временно

прекращается работа процессора и выполняются необходимые операции по обмену каналов с оперативной памятью.

В каждом конкретном случае в зависимости от организации вычислительного процесса каналы могут использовать различное оборудование процессора, но, как правило, к этому оборудованию относятся управляющая память микропрограмм и устройство управления памятью (тракт обмена). Микропрограммное управление обеспечивает обмен данными каналов с оперативной памятью и организацию обработки управляющей информации, причем устройство памяти микропрограмм используется каналами и процессором по принципу разделения во времени. Кроме того, во многих случаях для обработки управляющей информации канала предназначена аппаратура арифметическо-логического блока процессора. Совместное использование оборудования обеспечивается с помощью аппаратных приоритетных схем, которые разрешают передачу управления тому или иному устройству только в определенных точках микропрограммной последовательности процессора и каналов. Поскольку по требованию из процессора работа канала может быть прервана, то в каждом канале должен быть предусмотрен свой адресный регистр для запоминания текущего адреса в момент передачи управляющей памяти процессору. После передачи микропрограммного управления каналу он продолжит свою работу с адреса, который хранится в регистре.

В общем случае можно представить следующую схему разделения функций канала с точки зрения используемого оборудования: обмен данными с периферийными устройствами ввода-вывода осуществляется под управлением аппаратных средств каналов параллельно с работой процессора; обмен данными между каналами и оперативной памятью, а также обработка управляющей информации канала выполняется средствами процессора под управлением микропрограмм и в этом случае процессор собственных действий не производит.

Принцип интегрированных каналов используется только в младших и иногда в средних моделях ЕС ЭВМ-2, поскольку применение этого принципа в старших моделях не оправдано из-за ограничений, которые он накладывает на быстродействие процессора.

## 2.2. СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ

Средства управления системой процессора обеспечивают совокупность необходимых действий по отслеживанию состояний системы, заданию режимов работы, защите программ от разрушения, оперативной связи одних технических средств с другими и синхронизацию их работы во времени, внешнее вмешательство и т. д. Некоторые из этих средств (средства прямого управления, внешних прерываний, защиты памяти и начальной загрузки программ) хорошо известны по использованию в ЕС ЭВМ-1. В ЕС ЭВМ-2 введен ряд новых средств, которые еще в большей степени повышают возможности управления:

- средства расширенного управления и управляющих регистров;
- средства расширения системы прерываний;
- средства регистрации программных событий;
- средства обеспечения мониторных программ;
- средства отсчета времени.

**Режим расширенного управления.** Слово состояния программы определяет состояние вычислительной машины и управляет работой аппаратных и программных средств.

В ЕС ЭВМ-2 предусмотрены два режима управления, определяющих назначение полей и разрядов ССП и использование постоянно распределенной области основной памяти.

Работа аппаратных средств ЭВМ, обеспечивающая полную программную совместимость с ЕС ЭВМ-1, определяется как режим основного управления (режим

BC).

Работа новых аппаратных средств и новых программных средств, при которых выполняются дополнительные функции и появляются большие возможности, определяется как режим расширенного управления (режим ЕС).

Режимы задаются значением 12-го разряда слова состояния программы. Если значение этого разряда равно 0, то процессор работает в режиме BC, при значении, равном 1, обеспечивается режим ЕС.

В режиме расширенного управления изменяется размещение в слове состояния программы некоторых управляющих полей, отдельные поля ССП вынесены и введены дополнительные. В частности, для запоминания кода прерывания и кода длины команды выделены ячейки постоянно распределенной области памяти, маски прерываний расширены и расположены в управляющих регистрах, введены в ССП дополнительные управляющие поля — маска регистрации программных событий и режим переадресации.

В табл. 1 приведено распределение полей в ССП, полностью определяющих состояние технических средств ЭВМ в текущий момент времени.

Для режима расширенного управления разряд 1 ССП выделен под маску регистрации программных событий, а разряд 5 определяет режим переадресаций. Неиспользованные разряды ССП в режиме ЕС должны содержать нули.

Таблица 1

Назначение полей ССП	Разряды ССП	
	BC	ЕС
Маски каналов 0—5	0—5	*
Маска ввода-вывода	6	6
Маска внешних прерываний	7	7
Ключ защиты	8—11	8-11
Режим управления	12	12
Маска прерывания по контролю	13	13
Состояние ожидания	14	14
Состояние задача	15	15
Код прерывания	16—31	**
Код длины команды	32—33	**
Признак результата	34—35	18—19
Маска программных прерываний	36—39	20—23
Адрес команды	40—63	40—63

\* Маски каналов хранятся в управляющем регистре 2

\*\* Коды прерывания и длины команды хранятся в постоянно распределенной области оперативной памяти.

**Управляющие регистры.** Для хранения дополнительной управляющей информации, расширяющей информацию ССП в процессоре, предусмотрены 16 32-разрядных регистра, называемых управляющими регистрами.

Загрузка управляющей информации в регистры и запись их содержимого в основную память выполняются по командам ЗАГРУЗКА УПРАВЛЕНИЯ и ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ УПРАВЛЕНИЯ.

Управляющие регистры обеспечивают работу процессора в режиме расширенного управления, содержат расширенные маски внешних прерываний и прерываний от каналов ввода-вывода, управляющую информацию для средств виртуальной организации системы и других новых средств Единой системы.

Управляющий регистр 0 включает поля управления режимом блокового мультиплексирования для каналов ввода-вывода (разряд 0) и управления запретом установки маски системы (разряд 1). Средства организации многопроцессорных систем используют поле управления синхронизацией часов — разряд 2 управляющего регистра 0, маски оповещения о сбое, экстренного сигнала, сигнала внешнего вызова и

контроля синхронизации часов — разряды 2, 16—19 управляющего регистра 0. Средства динамической переадресации используют поле управления размером страниц и размером сегментов — разряды 8, 9 и 11 управляющего регистра 0, а также поля длины таблицы сегментов и адреса таблицы сегментов — разряды 0—7 и 8—25 управляющего регистра 1.

Маски каналов, которые определяют доступность процессора для прерываний ввода-вывода, в режиме основного управления хранятся непосредственно в слове состояния программы (разряды 0—5). В режиме расширенного управления эти маски находятся

в управляющем регистре 2 (разряды 0—31). Управляющий регистр 8 содержит маски монитора в разрядах 16—31.

Средства регистрации программных событий содержат в разрядах с 0 по 3 и с 16 по 31 управляющего регистра 9 маски отдельных событий, а в разрядах с 8 по 31 управляющих регистров 10 и 11 хранятся начальный и конечный адреса области памяти, охваченной регистрацией.

Средства обработки машинных ошибок и средства восстановления используют для своих целей управляющие регистры 14 и 15.

Неиспользуемые разряды управляющих регистров и неиспользуемые регистры должны содержать нулевые значения.

Система прерываний. В зависимости от источника и причины прерывания насчитывается шесть классов прерываний: прерывание при обращении к супервизору, программные прерывания, внешние прерывания, прерывания ввода-вывода, прерывания повторного пуска и прерывания от схем контроля.

При выполнении команды ОБРАЩЕНИЕ К СУПЕРВИЗОРУ формируется сигнал прерывания, основное назначение которого заключается в обеспечении перехода процессора из состояния задачи в состояние «Супервизор». Программные прерывания возникают в случае некорректного выполнения команд, некорректного использования операндов и устройств вычислительной машины. Внешние прерывания обеспечивают реакцию процессора на сигналы от средств отсчета времени, сигналы прерывания с пульта оператора и сигналы шести внешних источников. Запросы на прерывание ввода-вывода поступают от канала после завершения операции ввода-вывода в канале или устройстве управления внешними устройствами, а также после вмешательства процессора при возникновении определенных ситуаций в системе ввода-вывода. Прерывание повторного пуска формируется от кнопки повторного пуска на пульте оператора.

Прерывание от схем контроля машины происходит при возникновении какой-либо неисправности в системе. Эти прерывания делятся на два класса: тяжелые и легкие. Тяжелое прерывание идентифицирует такое состояние, когда неисправность невосстанавливаема. Если средствами восстановления ошибка может быть исправлена, то фиксируется легкое прерывание.

Каждому классу прерываний отведены две ячейки в постоянно распределенной области оперативной памяти. В первой ячейке запоминается текущее слово состояния программы, пересылаемое из регистра ССП в момент прерывания. Двойное слово, хранимое в первой ячейке, называется старым словом состояния программы. Оно вновь записывается в регистр ССП после выполнения подпрограммы прерывания. Во второй ячейке хранится новое слово состояния программы, которое после записи текущего состояния в первую ячейку пересылается в регистр ССП для инициализации подпрограммы прерывания. В разрядах 16—31 старого слова состояния программы находится код прерывания, определяющий источник или причину прерывания.

С появлением новых аппаратных средств (средств динамической переадресации, средств регистрации программных событий и средств монитора, средств организации многопроцессорных систем и новых средств отсчета времени) появилась необходимость в введении новых типов прерываний, обеспечивающих взаимодействие

указанной аппаратуры с системой программного обеспечения. Это в свою очередь потребовало развития управления прерываниями за счет включения масок новых аппаратных средств в управляющие регистры.

Расширение коснулось класса программных прерываний и класса внешних прерываний. Были введены программные прерывания при работе средств динамической переадресации, связанные с использованием сегмента (код прерывания 10) и страницы (код прерывания 11), а также со спецификацией при переадресации (код 12). Прерывания, обеспечивающие работу монитора и регистрацию программных событий, также относятся к классу программных и имеют коды 40 и 80 соответственно.

Введены сигналы внешних прерываний, связанные с работой многопроцессорной системы (оповещение о сбое, экстренный сигнал и сигнал внешнего вызова — коды прерываний 1200, 1201 и 1202 соответственно), а также с работой новых средств отсчета времени (нарушение синхронизации часов, прерывание от компаратора, прерывание от таймера процессора — коды 1003, 1004 и 1005).

Помимо расширения системы прерываний, с введением новых аппаратных средств появилась необходимость и в записи дополнительной информации при прерывании. Это в свою очередь потребовало новых полей в постоянно распределенной области памяти, которые были введены также и для средств обработки машинных ошибок и средств восстановления.

Таблица 2

Адрес		Назначение поля
шестнадцатеричный	десятичный	
0	0	Новое ССП повторного пуска
8	8	Старое ССП повторного пуска
18	24	Старое ССП внешних прерываний
20	32	Старое ССП прерываний при обращении к супервизору
28	40	Старое ССП программных прерываний
30	48	Старое ССП прерываний от схем контроля
38	56	Старое ССП прерываний ввода-вывода
40	64	Слово состояния канала
48	72	Адресное слово канала
50	80	Интервальный таймер
58	88	Новое ССП внешних прерываний
60	96	Новое ССП прерываний при обращении к супервизору
68	104	Новое ССП программных прерываний
70	112	Новое ССП прерываний от схем контроля
78	120	Новое ССП прерываний ввода-вывода
84	132	Адрес процессора при внешнем прерывании в режиме ЕС
86	134	Код внешнего прерывания в режиме ЕС
88	136	Код длины команды и код прерывания при обращении к супервизору в режиме ЕС
8С	140	Код длины команды и код программного прерывания в режиме ЕС
90	144	Адрес особого случая переадресации при программном прерывании в режиме ЕС
94	148	Идентификатор класса монитора при прерывании вследствие мониторного события
96	150	Код регистрации программного события при прерывании по программному событию
98	152	Адрес команды, вызвавшей прерывание по программному событию
9С	156	Код монитора при прерывании вследствие мониторного события
А8	168	Идентификатор канала при выполнении команды ЗАПИСЬ ИДЕНТИФИКАТОРА КАНАЛА
АС	172	Адрес области расширенной регистрации ввода-вывода
В0	176	Информация ограниченной регистрации канала
В8	184	Адрес ввода-вывода при прерывании ввода-вывода в режиме ЕС
Д8	216	Код прерывания от схем контроля и расширенная информация о прерывании от схем контроля

В табл. 2 приведено размещение новых полей в постоянно распределенной области.

**Средства монитора.** Введение средств обеспечения мониторных программ продиктовано в основном двумя причинами. Первая из них связана с тем, что для повышения возможностей режимов мультипрограммирования и разделения времени потребовалось разработать средства, которые бы позволяли в определенный момент осуществлять селективную запись информации в ходе выполнения программы. Вторая причина обусловлена необходимостью сбора статистических данных, позволяющих отслеживать ход выполнения программ и анализировать эффективность работы процессора. С помощью этих средств можно следить за тем, какие программы и за какое время выполнялись, а также с какой частотой они использовались.

Доступ к мониторной программе, реализующей выполнение необходимых функций, осуществляется с помощью прерываний. Для этих целей введена специальная команда ОБРАЩЕНИЕ К МОНИТОРУ, которая помещается в определенные точки выполняемой программы. Как только обработка программы доходит до этой точки, выбирается команда ОБРАЩЕНИЕ К МОНИТОРУ и происходит программное прерывание, обслуживаемое подпрограммой монитора.

Команда ОБРАЩЕНИЕ К МОНИТОРУ является командой формата  $SI$ , т. е. командой, в которой операнд расположен непосредственно в поле  $I_2$  (разряды 8—15). В данном случае разряды 12—15 определяют один из 16 возможных классов монитора, а разряды 16—31 (поля  $B_1$  и  $D_1$ ) — код монитора. Класс монитора по существу выполняет роль кода прерывания, идентифицирующего функцию, которая должна быть выполнена. В пределах каждого класса монитора может быть использована 24-разрядная адресация, определяемая кодом монитора.

В зависимости от обстоятельств выполнение той или иной функции, определяемой классом монитора, может быть запрещено. Для этого в разрядах 16—31 управляющего регистра 8 хранятся маски, соответствующие в порядке возрастания номеров всем 16 классам монитора. Для тех классов монитора, у которых маска равна 1, прерывание разрешено, в противном случае нет.

При прерывании код прерывания (обращение к монитору) помещается в старое слово состояния программы, а класс и код монитора записываются в постоянно распределенную область памяти соответственно по адресам 148 и 157—159, при этом в байты с адресами 149 и 156 помещаются нули.

**Средства регистрации программных событий.** Отладка программ на ЭВМ является трудоемкой, но одновременно необходимой операцией, которую в настоящее время решить другим способом не удастся. Поэтому наличие в процессоре специальных средств, позволяющих облегчить процесс отладки программ и при этом снизить затраты машинного времени, является обязательной принадлежностью современных ЭВМ. К таким средствам в ЕС ЭВМ-2 относятся средства регистрации программных событий. Регистрация программных событий, подлежащих обработке, осуществляется с помощью механизма программных прерываний. Код прерываний идентифицирует программные события, которые являются причиной прерывания.

Средства регистрации программных событий работают только в режиме ЕС, управляющая информация для этого хранится в управляющих регистрах 9—11. В управляющем регистре 9 в разрядах 0—3 хранятся маски событий, а в разрядах 16—31 — маски регистров общего назначения. Маски событий определяют, какие события регистрируются согласно следующему назначению разрядов:

- 0 — успешный переход;
- 1 — выборки команд;
- 2 — изменение содержимого памяти;
- 3 — изменение содержимого регистров общего назначения.

Маски регистров общего назначения определяют номер регистра, содержимое которого регистрируется. Для этого каждому из 16 разрядов маски в порядке

возрастания соответствует номер общего регистра.

В управляющем регистре 10 в разрядах 8—31 хранится начальный адрес регистрируемой области оперативной памяти. В разрядах 8—31 управляющего регистра 11 помещен конечный адрес области оперативной памяти, обращения к которой фиксируются. Начальный и конечный адреса определяют область памяти для двух событий в программе: выборка команды и изменение содержимого памяти. Если начальный адрес равен конечному, то наблюдение ведется за одной ячейкой памяти. В том случае, когда начальный адрес больше конечного, регистрируемая область памяти состоит из двух зон. Одна зона охватывает область от начального адреса до максимально возможного, а другая — от нулевого адреса до начального. Таким образом, максимально возможный объем оперативной памяти, определяемый 24-разрядным адресом, может быть выделен для регистрации указанных событий.

При прерывании, вызванном регистрацией программных событий, дополнительная информация о причине прерывания помещается в постоянно распределенную область памяти (ячейки 150—155). В разрядах 0—3 ячейки 150 помещается код конкретного события, вызвавший прерывание. Значения этих разрядов точно соответствуют значениям разрядов маски событий в разрядах 0—3 управляющего регистра 9. В разрядах 8—31 ячеек 153—155 записываются адреса команд, вызвавших данное событие в программе. Во все остальные разряды ячеек 150—155 заносятся нули.

**Средства отсчета времени** включают часы астрономического времени, таймер процессора, компаратор и интервальный таймер.

Часы астрономического времени непрерывно измеряют прошедшее время и представляют собой двоичный 52-разрядный счетчик, в котором информация представлена в виде числа с фиксированной запятой без знака. Изменение содержимого счетчика происходит прибавлением единицы каждую микросекунду в 51-й разряд в соответствии с правилами действий над числами с фиксированной запятой. Перенос в нулевой разряд игнорируется, при этом счет продолжается с нуля.

Часы астрономического времени работают во всех состояниях процессора: ожидание/счет, задача/супервизор и стоп/работа. На их работу не влияют никакие операции по сбросу процессора и системы. Работа часов астрономического времени может быть прекращена только при их неисправности, выключении электропитания процессора или самих часов и тогда, когда они находятся в состоянии СТОП.

Состояние СТОП часов астрономического времени устанавливается каждый раз перед тем, когда их содержимое требуется изменить командой **ВЫСТАВИТЬ ЧАСЫ**, по которой текущее число, хранимое в счетчике, замещается операндом, заданным командой. Переход из состояния СТОП в новое состояние, и наоборот, определяется разрядом 2 управляющего регистра 0. Часы астрономического времени будут находиться в состоянии СТОП до тех пор, пока значение этого разряда равно 1. Новое значение часов по команде **ВЫСТАВИТЬ ЧАСЫ** устанавливается только тогда, когда указанный выше разряд находится в состоянии 0.

Показание часов астрономического времени может быть записано в оперативную память по команде **ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ПОКАЗАНИЯ ЧАСОВ**. При выполнении этой команды, а также команды **ВЫСТАВИТЬ ЧАСЫ** предусмотрены средства, обеспечивающие синхронизацию часов, если их несколько при организации мультипроцессорной системы.

Если необходимо вызвать внешнее прерывание при определенном показании часов астрономического времени, то для этих целей используется компаратор. Командой **УСТАНОВИТЬ КОМПАРАТОР** в него записывается указанное в программе значение, которое постоянно сравнивается со значением часов астрономического времени. Сигнал прерывания формируется в момент совпадения этих значений. Содержимое компаратора заносится в память с помощью команды **ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ЗНАЧЕНИЯ КОМПАРАТОРА**.

Таймер процессора предназначен для задания определенного интервала времени и



сигнализации о его окончании с помощью формирования сигнала прерывания. Так же как и часы астрономического времени, таймер процессора представляет собой двоичный счетчик того же формата, но отличается от счетчика часов тем, что единица не прибавляется, а вычитается из 51-го разряда. При этом нулевой разряд в счетчике таймера используется как знак числа с фиксированной запятой. Прерывание от таймера процессора формируется всякий раз, когда нулевой разряд принимает значение 1 (отрицательная величина).

Во время работы часов астрономического времени скорость их работы синхронизируется со скоростью работы таймера процессора. В отличие от часов астрономического времени таймер процессора не изменяет своего состояния, когда процессор находится в состоянии СТОП. Показание таймера заносится в память с помощью команды ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ЗНАЧЕНИЯ ТАЙМЕРА. Для изменения показания самого таймера используется команда УСТАНОВИТЬ ТАЙМЕР ПРОЦЕССОРА.

Интервальный таймер может выполнять при соответствующей программной поддержке, как функцию часов текущего времени, так и функцию задания временных интервалов. Он расположен в ячейке 80 оперативной памяти. 32-разрядное число обрабатывается как число с фиксированной запятой со знаком. Прерывание возникает всякий раз, когда это число становится отрицательным (нулевой разряд равен 1). Показание интервального таймера изменяется путем вычитания 1 из 23-го разряда с частотой 300 Гц в промежутках между выполнением команд.

### 2.3. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АДРЕСОВ

Многопрограммный режим стал основным режимом работы ЭВМ. Эффективное использование указанного режима предполагает наличие большого объема оперативной памяти, а также аппаратных и программных средств динамического распределения памяти в процессе обработки программ.

Максимально возможный объем оперативной памяти для ЭВМ Единой системы ограничен принятой разрядностью адреса и может составлять 16 Мбайт. Однако создание оперативной памяти такого объема с необходимыми временными параметрами представляет значительную техническую трудность. Кроме того, объем целевых, стандартных и управляющих программ намного превышает объем реальной оперативной памяти. Исходя из этого, в оперативной памяти находятся лишь активные участки целевых программ, что ограничивает возможность их эффективной обработки. Наличие внешней памяти большого объема и программирование в условных адресах с использованием принципа виртуальности позволяет обойти это ограничение. В распоряжение программиста предоставляется как бы максимально допустимый объем оперативной памяти и при этом перераспределение памяти для программ осуществляется динамически без участия программиста.

В ЕС ЭВМ-1 для динамического распределения памяти использовался метод базовых регистров, при котором реальный адрес оперативной памяти формировался как сумма условного адреса и базового. Базовые адреса для различных целевых программ хранятся в регистровой местной памяти процессора

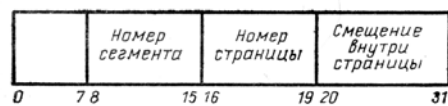
Динамическое распределение памяти с помощью базовых регистров не обладает достаточной гибкостью, так как в оперативную память должна вводиться целевая программа полностью, даже если в этом нет необходимости. Кроме того, любой ввод новой программы требует физического перераспределения объема памяти, что приводит к большим затратам времени.

Для ЕС ЭВМ-2 использован метод динамического распределения памяти с помощью страничной и сегментной организации. Этот метод предполагает разбиение всего поля виртуальной памяти на блоки, называемые сегментами и страницами. Преобразование условных (логических) адресов в реальные осуществляется специальными таблицами

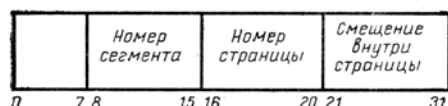
переадресации. Динамическая переадресация возможна только при работе в режиме расширенного управления.

**Структура логического адреса.** В режиме динамического преобразования адресов в качестве перемещаемых блоков данных используют сегменты и страницы. Объем сегмента может составлять или 64 Кбайт, или 1 Мбайт, объем страницы - 2 Кбайта или 4 Кбайта. Размеры сегмента и страницы определяются соответственно значениями разрядов 11, 12 и 8, 9 управляющего регистра 0. Данные в каждом блоке адресуются последовательными логическими адресами. Логический адрес состоит из поля индекса (номера) страницы, поля индекса (номера) сегмента и поля индекса байта (смещение внутри страницы). На рис. 4 показаны форматы логического адреса при различных объемах сегмента и страницы.

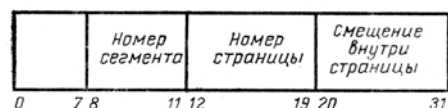
Для преобразования логических адресов в реальные используются таблицы перекодирования для сегментов и страниц. Эти таблицы находятся в основной памяти и определяют текущее распределение действительно установленной памяти. Адрес и длина таблицы сегментов определяются соответствующими битами управляющего регистра 1. Строка, выбранная из таблицы сегментов, содержит длину, начало соответствующей таблицы страниц, а также признак доступности страницы. Строки, содержащиеся в таблице страниц, определяют доступность страницы и старшие разряды реального адреса. Нулевое значение бит доступности, содержащихся в строках таблиц



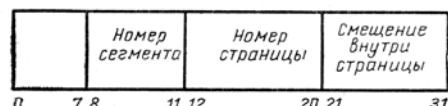
Сегмент - 64 Кбайт, страница - 4 Кбайт



Сегмент - 64 Кбайт, страница - 2 Кбайт



Сегмент - 1 Мбайт, страница - 4 Кбайт



Сегмент - 1 Мбайт, страница - 2 Кбайт

Рис 4 Структура логического адреса

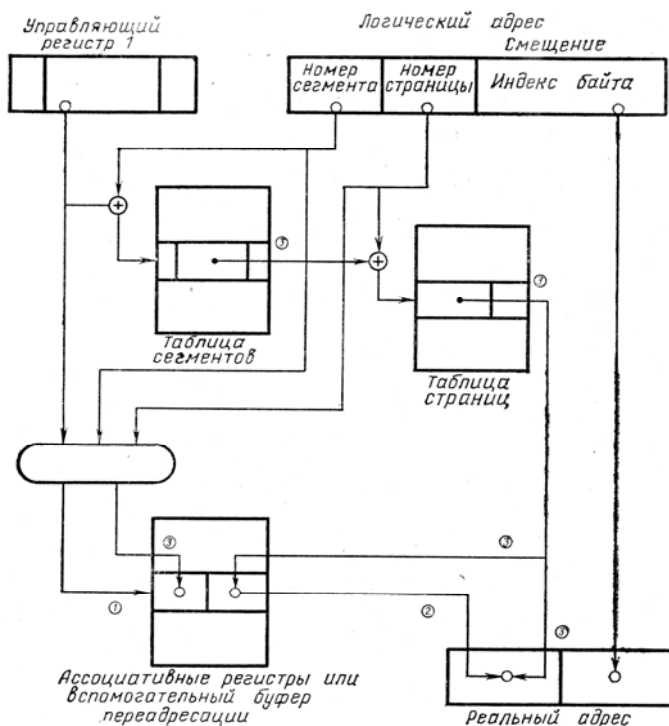


Рис. 5. Схема процесса динамической переадресации

сегментов и страниц, определяет возможность использования данной строки.

**Переадресация.** Процесс переадресации (рис. 5) состоит в следующем: по индексу сегмента, содержащемуся в логическом адресе, осуществляется выборка строки из таблицы сегментов, начальный адрес и длина которой определены содержимым управляющего регистра 1. Содержимое этой строки определяет необходимую таблицу страниц. По индексу страницы, также содержащемуся в логическом адресе, из таблицы страниц выбирается строка, которая содержит старшие разряды реального адреса. В качестве младших разрядов реального адреса используется поле индекса байта логического адреса.

Для ускорения процесса переадресации используют буфер переадресации (буфер транслятор). Объем и размеры буфера переадресации являются моделезависимыми параметрами. Буфер переадресации включает старшую часть логических и эквивалентные им истинные адреса, по которым проводится обращение процессора к оперативной памяти. Таким образом, учитывая, что обращение процессора к оперативной памяти обычно осуществляется по последовательным адресам и с большой вероятностью в пределах одной страницы, выборка строк таблиц из основной памяти проводится только один раз. В дальнейшем полученная при первом обращении информация остается в буфере, и все последующие обращения к памяти, которые используют строки таблиц переадресации из той же самой области памяти, выполняются с использованием буфера. Объем буфера колеблется от 8 слов для ЕС-1035 до 128 слов для модели ЕС-1060.

Существуют определенные условия, при которых информацию можно поместить в буфер и использовать ее при динамической переадресации. Вводятся понятия «доступная», «присоединенная» и «активная» строка таблицы. Строка таблицы считается доступной, если разряд доступности сегмента или страницы данной строки равен 0. Строка таблицы сегментов является присоединенной только при наличии режима динамической переадресации, она находится в пределах определенной управляющим регистром 1 таблицы сегментов и задана логическим адресом с учетом размера сегмента. Строка таблицы страниц считается присоединенной, если она принадлежит таблице, адрес и длина которой указаны в присоединенной и доступной строке таблицы сегментов. Строка является активной в том случае, когда она может оставаться записанной в буфер переадресации. Строка может помещаться в буфер, если она доступна и присоединена. Информация о состоянии строк таблиц переадресации и их использовании приведена в табл. 3.

Для эффективной обработки алгоритма замены страниц в оперативной памяти осуществляется два вида регистрации: регистрация обращений к ячейке блока оперативной памяти при записи или выборке данных и регистрация изменений, которая отражает информацию о том, в какие страницы, расположенные в оперативной памяти, проводилась запись данных.

Таблица 3

Состояние строк таблиц			Нахождение копии строки в буфере	Выборка строки таблицы для переадресации	Использование строки таблицы для переадресации	Выборка копии в буфер при переадресации
активная	присоединенная	доступная				
Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Да	Да	Нет	Да	Да	Нет	Да
Да	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Да	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Нет	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Нет
Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

В режиме динамической переадресации к коду ключа защиты памяти добавляются два разряда. Разряд обращения устанавливается в единичное состояние в случае обращения к соответствующему блоку памяти, как по записи, так и по выборке. Разряд изменения устанавливается в единичное состояние в тех случаях, когда в соответствующий блок памяти осуществлялась запись.

Регистрация обращений и изменений обеспечивается как при запросах процессора, так и при запросах каналов ввода-вывода для блоков памяти объемом 2048 байт и не зависит от используемого размера страницы.

## 2.4. МИКРОПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Выбор метода управления процессора определяется циклом работы процессора, сложностью алгоритмов обработки и управления, эффективностью метода управления.

Микропрограммный метод управления до недавнего времени не получил широкого распространения в высокопроизводительных машинах. Это связано с тем, что данный метод имел ряд недостатков, наиболее существенными из которых являются снижение производительности машины и высокая стоимость разработки микропрограмм. Поэтому в быстродействующих машинах, в том числе и старших моделях ЕС ЭВМ-1, как правило, использовался аппаратный способ управления, который позволял достичь заданного уровня быстродействия.

В последние годы ситуация резко изменилась. Микропрограммное управление широко стало применяться при проектировании ЭВМ высокой производительности. Такой интерес к микропрограммированию вызван развитием технологии микроэлементной базы, расширением набора команд ЭВМ и значительно большими возможностями этого метода по сравнению с аппаратным.

Появление полупроводниковых схем большой интеграции с низким уровнем задержек обеспечило создание управляющих памятей, параметры которых позволили существенно снизить влияние микропрограммирования на производительность ЭВМ.

Исследование методов управления процессора выявило зависимость их эффективности от величины набора команд, используемых при операциях. Оценка состава команд ЕС ЭВМ показывает, что микропрограммный метод является более эффективным. Очевидно, при расширениях состава команд и функций процессора его эффективность будет расти. Однако при построении схем управления отдельных блоков процессора большую роль начинают играть фактор скорости схемы управления и сложность алгоритмов. Действительно для высокопроизводительных ЭВМ в одном цикле процессора одновременно выполняются разрешение приоритета многих запросов от блоков процессора и каналов, проверка ключа защиты памяти и обращение к независимым блокам оперативной памяти, трансляция логического адреса, выборка из буферной памяти и другие действия.

Сложные алгоритмы, с одной стороны, могут быть экономичнее реализованы при микропрограммном управлении, но, с другой стороны, такие алгоритмы имеют большое количество условий ветвления, что усложняет схему адресации микрокоманд и в конечном счете увеличивается как сам цикл, так и число циклов в алгоритме. В этом случае приходится идти на компромисс, что приводит к смешанному аппаратно-микропрограммному способу управления.

Наиболее эффективно использование микропрограммного управления в исполнительных блоках процессора, в которых реализуются многоцикловые алгоритмы, имеющие большое число линейных участков и ограниченное число условий ветвления. Исходя из этого, младшие модели имеют преимущественно микропрограммное управление во всех устройствах процессора, в то время как процессоры старших моделей используют его в основном в исполнительных блоках.

Преимущества микропрограммного метода управления по сравнению с аппаратным, с точки зрения повышения эффективности процессора и организации технического обслуживания, выражаются в следующем:

при микропрограммной реализации структура схемы управления более регулярна, более экономично используются аппаратные средства, повышается уровень унификации отдельных узлов, что ведет к упрощению и сокращению стоимости оборудования;

микропрограммное управление позволяет создавать систему микродиагностических тестов, обеспечивающих автоматический поиск неисправностей;

управляющие алгоритмы более просто и наглядно документируются, что обеспечивает простоту обучения обслуживающего персонала и легкость при эксплуатации процессора.

Структура устройства микропрограммного управления (МПУ) определяется тремя факторами: принципом построения управляющей памяти, структурой микрокоманды и методом формирования адреса следующей микрокоманды.

Управляющая память МПУ используется двух типов: постоянная и записываемая. Постоянная память реализуется на основе модулей или интегральных схем полупроводникового программируемого запоминающего устройства (ИС ППЗУ). Программирование проводится на специальных устройствах — программаторах при изготовлении процессора. Информация в ППЗУ сохраняется в любых условиях работы процессора, в том числе и при отключении электропитания.

Записываемая память реализуется на основе интегральных схем оперативного запоминающего устройства (ОЗУ). Загрузка информации в ОЗУ осуществляется пользователем с внешнего носителя после каждого включения питания процессора. В качестве носителей массива микропрограмм в ЕС ЭВМ используются устройства типа кассетных магнитофонов. Замена микропрограмм или их изменение проводятся путем смены кассеты, которая подготавливается на заводе-изготовителе ЭВМ.

Все модели ЕС ЭВМ-2 ориентированы на применение записываемой памяти микропрограмм, поскольку она обладает неопределимыми преимуществами при оптимизации алгоритмов операций, создании динамической системы микропрограммирования.

Микропрограммирование с использованием записываемой памяти микропрограмм имеет большие преимущества при наладке опытных образцов и дает возможность повышения эффективности серийно выпускаемых и работающих у пользователя машин благодаря введению новых средств программного обеспечения, использующих расширенный состав команд и новые функции процессора. Последнее очень важно при выборе метода реализации схем управления. Это связано с тем, что наблюдается тенденция к сокращению затрат времени на работу операционной системы путем «интеграции» в аппаратуру некоторых часто применяемых подпрограмм и модулей операционной системы. Такая интеграция может быть проведена только при расширении функциональных возможностей процессора, т. е. модернизацией алгоритмов схемы управления, которая легко осуществляется путем изменения содержимого управляющей памяти.

Основными характеристиками управляющей памяти являются время выборки, ширина слова и количество слов. В моделях ЕС ЭВМ используются памяти объемом до 4 Кслов, шириной до 144 разрядов, с временем выборки до 60 нс.

Ширина слова управляющей памяти определяется типом кодирования наборов микроопераций и методом формирования адреса следующей микрокоманды.

При кодировании микроопераций применяется функциональное, а также командно-ориентированное кодирование. Функциональное, или полевое кодирование предполагает наличие в операционной части отдельных полей, содержащих наборы совместимых микроприказов, управляющих различными функциональными частями процессора, допускающими их параллельную работу. Обычно в составе полей имеется поле, включающее непосредственный операнд или команду, которая может быть использована для установки некоторых регистров. На рис. 6 показан пример такой микрокоманды. Управляющие сигналы формируются путем дешифрации полей.

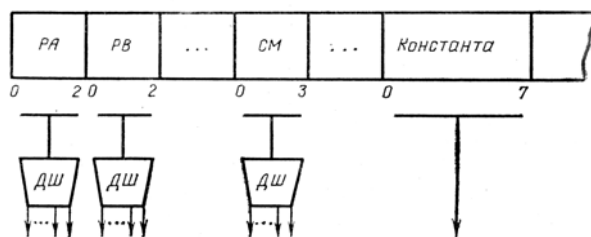


Рис. 6. Микрокоманда при функциональном кодировании:  
 РА — поле управления приемом в регистр А; РВ — поле управления приемом в регистр В; СМ — поле управления функцией сумматора

Размер поля от 1 до 4—5 разрядов, что позволяет закодировать от 1 до 32

микроприказов.

При командно-ориентированном кодировании микрокоманда так же, как и номинальная команда, содержит поле кода операции, поля, в которых определены адреса регистров или функциональных узлов процессора, и поля, содержащие дополнительную управляющую информацию (рис. 7).

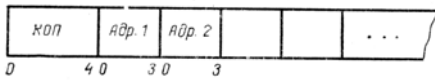


Рис. 7. Микрокоманда при командно-ориентированном кодировании

Сравнение этих двух методов показывает, что затраты оборудования и время формирования управляющих сигналов при командно-ориентированном кодировании больше, чем при функциональном, хотя ширина микрокоманды меньше.

Командно-ориентированное микропрограммирование легче поддается автоматизации проектирования микропрограмм. При этом методе микропрограмма может быть написана программистом, имеющим формальное описание микрокоманд. Хотя функциональное кодирование значительно сложнее и требует для написания микропрограмм детального знания всех узлов процессора, однако в этом случае получают более эффективные микропрограммы по времени выполнения и по количеству микрокоманд. Функциональное кодирование предназначено преимущественно для старших моделей ЕС ЭВМ.

При формировании адреса следующей микрокоманды используются два метода — естественной адресации и принудительной адресации.

Метод принудительной адресации предполагает, что в каждой микрокоманде содержатся базовый адрес следующей выполняемой микрокоманды и поля, определяющие условия, которые влияют на изменение базового адреса. Таким образом, в микрокоманде задаются все условия для микропрограммного перехода.

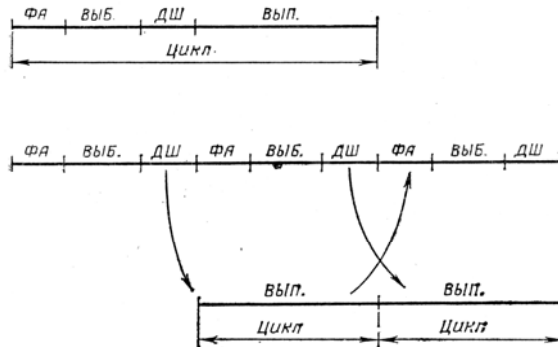


Рис. 8. Временная диаграмма работы управляющей памяти

Метод естественной адресации предполагает, что после выполнения микрокоманды с адресом А будет выполняться микрокоманда с адресом А+1, что позволяет не иметь в составе микрокоманды полей адресации микрокоманд. Но при этом в микропрограмме помимо операционных микрокоманд используются микрокоманды управляющего типа, в которых содержатся только поля для осуществления микропрограммного перехода. Это вызывает усложнение схемы дешифрации микрокоманды и увеличение микропрограммы, хотя и сокращает длину микрокоманды. Поскольку такой метод микропрограммирования похож на построение обычных программ, часто естественная адресация используется при командно-ориентированном кодировании. Для повышения скорости работы

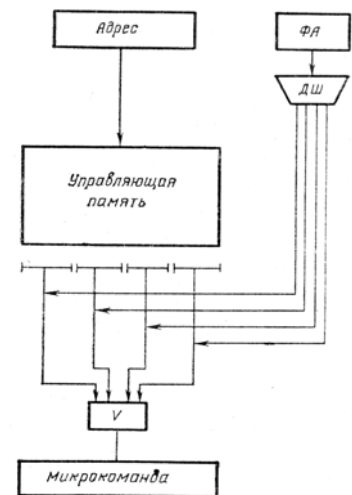


Рис. 9. Схема микропрограммного управления процессора

устройства микропрограммного управления применяются различные методы. Цикл работы устройства состоит из четырех фаз: формирования адреса микрокоманды (ФА), выборки из управляющей памяти (ВЫБ), дешифрации микроприказов (ДШ) и выполнения действий (ВЫП) (рис. 8). Обычно фаза выполнения действий совмещается с фазами формирования адреса, выборки и дешифрации.

Таким образом, при правильном выборе соотношений времен работы исполнительных узлов и микропрограммного управления цикл процессора может быть сокращен и определяется обычно работой схем управления. Дальнейшее сокращение цикла может быть достигнуто в результате уменьшения времени формирования адреса или его исключения из цикла работы. Например, если ветвление в микропрограмме может быть не более чем на 4 направления, то применяется метод, при котором из управляющей памяти выбираются сразу 4 слова, начиная со слова, заданного базовым адресом, а окончательная выборка одного из четырех слов осуществляется по условиям перехода, формируемым одновременно с выборкой микрокоманды (рис. 9).

Сокращение времени фазы дешифрации микроприказов достигается путем использования для критичных целей управляющих полей с прямым кодированием, когда каждый разряд поля является непосредственно управляющим сигналом.

## 2.5. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ МАТРИЧНОГО ПРОЦЕССОРА

Матричный процессор (МП) является дополнительным специализированным процессором, подсоединяемым к основной ЭВМ вместо одного из каналов ввода-вывода или непосредственно как один из операционных ресурсов. В первом случае для организации связи с матричным процессором используются стандартные программы канала ОС ЕС, во втором — требуется специальное дополнение к программному обеспечению ЕС ЭВМ.

К основным операциям, выполняемым в МП, относятся корреляция, свертка, векторное, скалярное и матричное умножения, векторное и матричное сложения, преобразование формата с фиксированной запятой в формат с плавающей запятой, функции индексации, счета, выборки и запоминания входных и выходных данных. Операции выполняются в арифметическом блоке матричного процессора. Для согласования скоростей работы оперативной памяти ЭВМ и арифметического блока матричного процессора при итеративных операциях имеются два буфера емкостью по 32 слова. Эти буферы используются для хранения как входных данных, так и результата. Основной арифметической функцией, выполняемой в МП, является функция  $UX+Y$  с данными, имеющими короткий формат с плавающей запятой. В МП в качестве входных данных могут использоваться также числа с фиксированной запятой длиной в полуслово, которые перед обработкой в арифметическом блоке преобразуются в формат с плавающей запятой.

Как было отмечено ранее, матричный процессор рассматривается как один из селекторных каналов, подключаемых к основному процессору и основной памяти ЭВМ. Такая организация позволяет вести обработку данных одновременно в основном и матричном процессорах.

Четыре команды ввода-вывода — SIO, TIO, NIO и TCH — могут инициализировать работу матричного процессора. Каждая команда содержит адрес канала и адрес внешнего устройства для идентификации матричного процессора. При этом адрес канала (разряды 16—23 команды) должен содержать код 3, адрес внешнего устройства (разряды 24—31) может быть любым. Код адреса внешнего устройства 01 (шестнадцатеричный) предназначается для инициализации специальных диагностических операций. При окончании выполнения команды ввода-вывода в процессор выдается одно из четырех значений кода условий (00, 01, 10, 11). Приоритет доступа матричного процессора к основной памяти выше, чем для процессора, и ниже, чем для канала.

Таблица 4

Состояние МП	Команды							
	SIO		TIO		HIO		TCH	
	действие	код условия	действие	код условия	действие	код условия	действие	код условия
Доступное	Нет ошибок Инициализация операции	00	Нет действий	00	Запоминание	01	Нет действий	00
	Ошибка запоминания	01						
Выполнение операции	Нет действий	10	Нет действий	10	Останов	10	Нет действий	10
Отключен	Нет действий	11	Нет действий	11	Нет действий	11	Нет действий	11

В табл. 4 приведены значения кода условия и состояние матричного процессора в различных режимах при выполнении команд ввода-вывода.

Так же как и каналы ввода-вывода, МП осуществляет выборку из оперативной памяти адресного слова канала (АСК), затем управляющего слова канала (УСК) и формирует слово состояния канала. Для выполнения матричных операций в МП осуществляется выборка управляющей информации для данных (УСО — управляющее слово операнда). Указанное слово может выбираться для операндов  $X$ ,  $U$  и  $Y$ . Формат УСО показан на рис. 10.

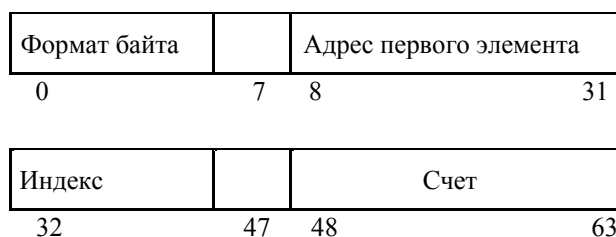


Рис. 10. Формат УСО

Спецификация разрядов 0—7 поля формата байта приведена в табл. 5.

Таблица 5

Биты	Назначение	Состояние		Использование		
		0	1	OCWY	OCWX	OCWI
0	Формат данных	Плавающая запятая	Фиксированная запятая	+	+	+
1	Используется только для данных с		Данные в дополнительном коде	+	+	+
2	Величина данных			+	+	+
3	Операция	Алгебраическое сложение	Абсолютное вычитание	+	+	+
4	Управление стеком	Без стека	Со стеком	+	–	–
5	Не используется					
6	Не используется					
7	Не используется					

Разряды 8—31 содержат адрес первого элемента матрицы. Этот адрес должен соответствовать типу данных, т. е. целочисленным границам данных памяти (слова



или полуслова).

Разряды 32—47 включают полуслово с фиксированной запятой и используются в качестве индекса для адресации текущего байта в оперативной памяти. Возможны как положительные, так и отрицательные значения индекса. В разрядах с 48 по 63 содержится величина, определяющая число операндов в матрице, рассматриваемая как 16-разрядное положительное число.

В матричном процессоре могут выполняться операции трех типов: векторные, скалярные и матричные. Ниже приведены примеры выполняемых операций.

**Операция пересылки вектора с преобразованием в формат с плавающей запятой (VMC).** Эта операция может быть представлена следующим выражением:

$Y_i \leftarrow X_i$  для  $i=1, 2, \dots, n$ , где  $n = \min(\text{CTY}, \text{CTX})$  и  $Y_i = 0$  для  $i = n+1, \dots, \text{CTY}$ , если  $\text{CTY} > \text{CTX}$ , здесь и в дальнейшем символ  $\leftarrow$  обозначает помещение одной переменной на место другой;  $\text{CTY}$ ,  $\text{CTX}$ ,  $\text{CTU}$  — значение поля счет в УСОУ, УСОХ и УСОУ соответственно;

$\min(a, b)$ ,  $\max(a, b)$  — минимальное и максимальное значения величин  $a$  и  $b$ ;

$\{Y\}$  — дополнительный операнд.

Таким образом, векторный операнд  $X$  пересылается на место векторного операнда  $Y$  в оперативной памяти. Если разрядность вектора  $X$  меньше размерности вектора  $Y$ , то компоненты вектора  $Y$ , для которых  $i > n$ , заменяются нулями.

В процессе выполнения операции операнд  $X$  преобразуется в формат с плавающей запятой.

**Операция пересылки вектора с преобразованием в формат с фиксированной запятой (VFX).** Эта операция описывается выражениями:

$$S_1 = X_1 \cdot X_2 - X_1$$

$$S_2 = X_1 \cdot X_2 + S_1$$

$$Y_i \leftarrow |S_2| + U_i X_3 \quad \text{для } i = 1, \dots, n, \text{ где}$$

$$n = \min(\text{CTY}, \text{CTU})$$

$$\text{и } Y_i \leftarrow 0 \text{ для } i(n+1) \text{ до } \text{CTY}, \text{ если } \text{CTY} > \text{CTU}$$

В процессе выполнения операции осуществляется преобразование чисел из формата с плавающей запятой в формат с фиксированной. Для этого разряды 8—22 числа с плавающей запятой помещаются в разряды 1—15 поля с фиксированной запятой, а нулевой разряд резервируется для знака, если разряд 8 равен 1, иначе разряды 9—23 помещаются на место разрядов 0—15, если разряд 8 исходного числа равен 0. Коэффициенты  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  используются для увеличения точности при преобразовании форматов.

**Поэлементное умножение векторов (VEM).** Указанную операцию можно описать выражением:

$$Y_i \leftarrow Y_i + U_i \cdot X_i \text{ для } i=1, 2, \dots, n,$$

$$\text{где } n = \min(\text{CTY}, \text{CTX}, \text{CTU})$$

$$\text{и } Y_i \leftarrow \{Y_i\} \quad \text{для } i = n + 1 \text{ к } \text{CTY}, \text{ если}$$

$$\text{CTY} > \min(\text{CTX}, \text{CTU})$$

В данной операции компоненты вектора  $U$  умножаются на соответствующие компоненты вектора  $X$ , элементы произведения суммируются с соответствующими компонентами вектора  $Y$ . Результат помещается на место вектора  $Y$ .

**Поэлементное сложение векторов (VES).** Операция описывается выражением:

$$Y_i \leftarrow U_i + X_i \text{ для } i=1, \dots, n, \text{ где}$$

$$n = \min(\text{CTY}, \text{CTX}, \text{CTU})$$

$$\text{и } Y_i \leftarrow U_i + 0 \text{ для } i \text{ от } (n+1) \text{ до } \min(\text{CTY}, \text{CTU}), \text{ если}$$

$$\min(\text{CTY}, \text{CTU}) > \text{CTX}$$

$$\text{и } Y_i \leftarrow X_i \text{ для } i \text{ от } (n+1) \text{ до } \min(\text{CTY}, \text{CTX}),$$

$$\text{если } \min(\text{CTY}, \text{CTX}) > \text{CTU}$$

и  $Y_i \leftarrow 0$  для  $i$  от  $\max(\text{CTX}, \text{CTU}) + 1$  до  $\text{CTY}$ , если  $\text{CTY} > \max(\text{CTX}, \text{CTU})$

**Скалярное умножение (SMY).** Операция описывается выражением:

$$Y_i \leftarrow \{Y_i\} + U \cdot X_i \quad \text{для } i = 1, 2, \dots, n, \text{ где}$$

$$n = \min(\text{CTY}, \text{CTX})$$

и  $Y_i \leftarrow Y_i$  для  $i$  от  $(n+1)$  до  $\text{CTY}$ , если  $\text{CTY} > \text{CTX}$

В данной операции компоненты вектора  $X$  умножаются на скаляр  $U$ . Результат помещается на место вектора  $Y$ .

**Сумма квадратов (SSQ).** Эта операция представляется выражением:

$$Y \leftarrow \{Y\} + \sum_{i=1}^n X_i(X_i),$$

где  $n = \text{CTX}$ .

**Сумма элементов вектора (SVE).** Для данной операции

$$Y \leftarrow \{Y\} + \sum_{i=1}^n X_i,$$

где  $n = \text{CTX}$ .

**Частное матричное умножение (PMM).** Эта операция может быть представлена выражением:

$$Y \leftarrow \{Y\} + \sum_{j=1}^n X_j U_{(i-1)p+j} \quad \text{для } i = 1, 2, \dots, m, \text{ где}$$

$$m = \text{CTY}, \quad n = \text{CTX} \text{ и}$$

$$P = \frac{\text{Индекс YCOU}}{\text{Число байт в операнде } U}$$

YCOU специфицирует строку матрицы  $Y$ .  $\text{CTY}$  определяет число элементов как в строке матрицы  $U$ , так и в строке матрицы  $Y$ .

YCOX специфицирует ряд матрицы  $Y$ .

YCOU специфицирует матрицу  $U$ . Значение  $\text{CTU}$  игнорируется, так как  $\text{CTY}$  определяет число элементов в строке матрицы, а  $\text{CTX}$  — число элементов в столбце матрицы. Значение индекса в YCOU определяет число байт между последовательными элементами в строке матрицы. Для наглядности ниже приведена структура массива данных:

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U & U & \dots & U \\ U_1 & U_{p+1} & \dots & U_{mp-p+1} \\ U_2 & U_{p+2} & \dots & U_{mp-p+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ U_n & U_{p+n} & \dots & U_{mp-p+n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 & \dots & Y_m \end{bmatrix}$$

Первая составляющая результата  $Y_1 = \{Y_1\} + X_1U_1 + X_2U_2 + \dots + X_nU_n$ . Аналогично вычисляются и остальные составляющие.

**Многократная свертка (CVM).** Данная операция описывается выражением:

$$Y_i \leftarrow \{Y_i\} + \sum_{j=1}^n U_j \cdot X_{i+j-1} \quad \text{для } i = 1, 2, \dots, m, \text{ где}$$

$$n = \text{CTU} \text{ и } m \leftarrow \min(\text{CTY}, \text{CTX})$$

и  $Y_i \leftarrow \{Y_i\}$  для  $i$  от  $m+1$  до  $\text{CTY}$ , если  $\text{CTY} > \text{CTX}$ .

**Функциональная структура МП.** При одном из возможных способов функциональной организации матричный процессор подразделяется на два блока: управления (рис. 11) и арифметический (рис. 12). Каждый из них функционально независим друг от друга и управляются двумя синхронными микропрограммами.

Блок управления предназначен для:  
 приема и обработки команд канала;  
 считывания из ОП управляющих слов;  
 считывания из ОП исходных данных и записи в ОП результатов вычислений;  
 выполнения преобразования формата данных;  
 записи ССК и информации логаута при нормальном и аварийном завершении выполнения текущей операции соответственно.

Блок управления состоит из входного и промежуточного регистров *A* и *B*, входного и выходного преобразователей формата данных, блока сигналов, блока формирования и выходных регистров адреса *U* и *XU*, регистра формата.

Регистр *A* предназначен для приема из оперативной памяти данных и управляющей информации. Через регистр *B* осуществляются передача входных данных в арифметический блок и запись результата в ОП. Регистр формата хранит информацию

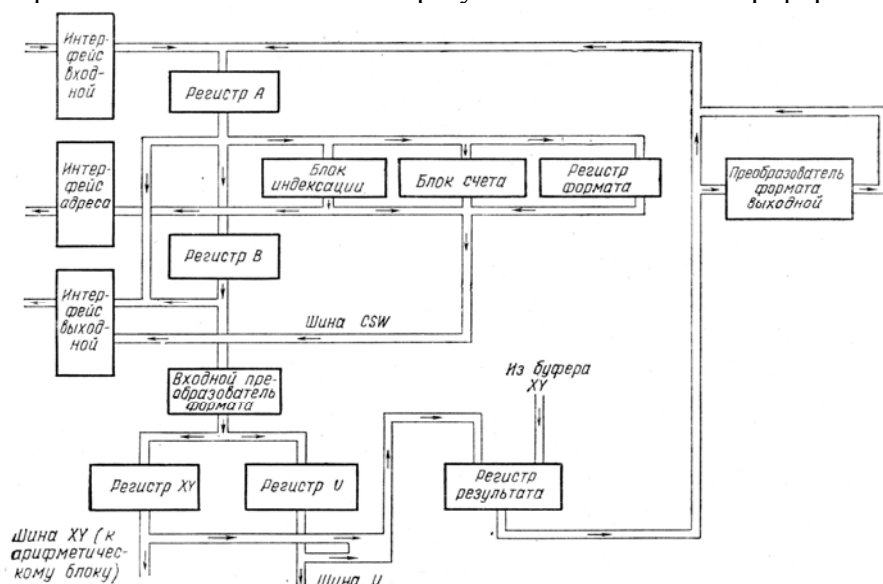


Рис. 11. Схема блока управления матричного процессора

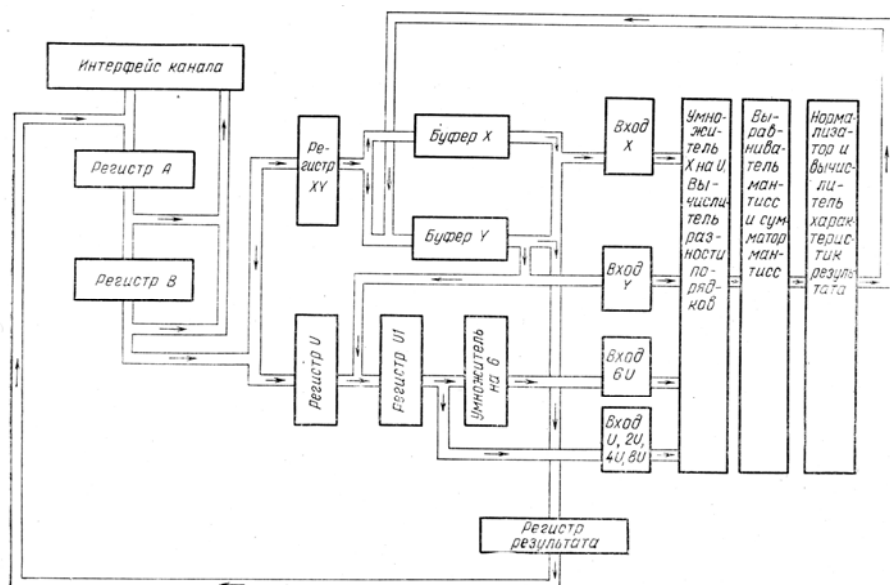


Рис. 12. Схема арифметического блока матричного процессора

о формате используемых при вычислении данных. Преобразователи форматов обеспечивают переход входной и выходной информации из формата с фиксированной запятой в формат с плавающей запятой, и наоборот. Регистр  $U$  предназначен для приема из блока преобразователя формата входных данных и для дальнейшей пересылки их в арифметический блок. Регистр  $XU$  выполняет функции приема и буферирования входного операнда. Блоки индексации и счета осуществляют формирование адресов операндов, счет элементов вектора на основе управляющей информации, заданной в УСК.

Арифметический блок используется для выполнения арифметических действий над данными и состоит из двух буферных памяти (БХ и БУ), буферного регистра  $U$ , блоков умножения и сложения, а также выходного регистра результата.

Информация для обработки через регистры  $A$  и  $B$  заносится на регистры  $XU$  и  $U$ .

Операнды  $X$  и  $Y$  заносятся в соответствующие буферы емкостью 64 слова по 82 разряда. Операнд  $U$  не буферизируется, а используется в качестве множителя. Арифметическая часть блока состоит из трех ступеней. В первой ступени осуществляются умножение мантисс операндов  $X$  и  $Y$  и вычисление разности порядков чисел  $XU$  и  $Y$ , во второй ступени — выравнивание мантисс и их сложение, в третьей ступени — нормализация результата и вычисление окончательной характеристики. Результат запоминается в буфере  $Y$  и через регистр результата отсылается в оперативную память ЭВМ. Использование матричного процессора позволяет поднять производительность ЭВМ в 5—30 раз при решении соответствующих специализированных задач.

Иерархическая структура системы памяти вычислительных машин имеет два основных уровня — внешней памяти и оперативной памяти, основными характеристиками которых являются время выборки информации и емкость. Внешняя память, как правило, реализуется на магнитных лентах и магнитных дисках. Емкость ее в зависимости от комплектации составляет от  $10^2$  до  $10^4$  Мбайт, а время выборки меняется приблизительно от  $10^5$  до  $10^2$  мкс. Оперативная память в ЭВМ Единой системы имеет емкость от 64 Кбайт до 16 Мбайт с временем выборки около 1 мкс.

Настоящая глава посвящена организации оперативной памяти, которая оказывает существенное влияние на эффективность всей вычислительной системы. Это определяется не только увеличением внутренней производительности ЭВМ, но и в значительной степени тем, что для организации их работы все возрастающее значение приобретает система программного обеспечения, при развитии которой требуются все больший объем оперативной памяти и значительное время на реализацию управляющих функций.

В свою очередь параметры оперативной памяти определяются физическим носителем, используемым в качестве запоминающей среды, и структурой организации хранения данных. Кроме того, на параметры оперативной памяти влияют принятые конструктивно-технологические решения.

### 3.1. РАЗВИТИЕ УСТРОЙСТВ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ

В устройствах оперативной памяти ЭВМ Единой системы в качестве запоминающей среды (или элементов памяти) применяются ферритовые сердечники и полупроводниковые схемы высокой степени интеграции. В ЕС ЭВМ-2 запоминающие устройства имеют различное функциональное назначение и ориентированы на использование интегральных схем. Однако из соображений экономического и производственного характеров это не исключало применения памяти на ферритовых сердечниках.

**Память на ферритовых сердечниках.** При создании оперативной памяти ЕС ЭВМ-2 использовались ферритовые сердечники, разработанные для ЕС ЭВМ-1 и не получившие практически существенного изменения характеристик. При этом благодаря применению более совершенной элементной базы в схемах электронного обрамления и более прогрессивных конструктивно-технологических решений достигнуто значительное уменьшение конструктивных размеров памяти в расчете на информационную емкость. Одновременно также улучшились основные эксплуатационные характеристики памяти.

В качестве примера можно взять устройство оперативной памяти на ферритовых сердечниках ЕС-3206, разработанное для ЭВМ ЕС-1060 и использующее те же сердечники, которые применялись при разработке устройств ЕС-3203 и ЕС-3205 для ЭВМ ЕС-1030 и ЕС-1050 соответственно. В устройстве ЕС-3206 применены конструктивно законченные съемные модули памяти объемом 64 Кбайта, в которых размещены ферритовые матрицы и схемы электронного обрамления. Это позволило в 4 раза увеличить информационную плотность по сравнению с устройствами ЕС-3203 и ЕС-3205. Кроме того, в результате применения вновь разработанных блоков питания в

2 раза сократился объем оборудования. Таким образом, при условии одинаковой емкости оперативной памяти объем оборудования устройства ЕС-3206 по сравнению с устройствами ЕС-3203 и ЕС-3205 сокращен в 8 раз.

Наибольшее применение получили ферритовые сердечники 3ВТ с внешним диаметром сердечника 0,8 мм и 5ВТ с внешним диаметром сердечника 0,6 мм. Для этих сердечников реальное значение времени цикла запоминающих устройств (ЗУ) составляет 1,2—2,0 мкс. При этом время выборки изменяется в пределах от 0,5 до 1,0 мкс. Практически во всех оперативных ЗУ на ферритовых сердечниках используется выборка по схеме 2,5Д, которая экономичнее по оборудованию схемы 2Д, обладает большим быстродействием и помехоустойчивостью, чем схема 3Д.

**Память на интегральных схемах.** Использование полупроводниковых микросхем памяти ТТЛ-типа (триодно-транзисторная логика) было начато в ЕС ЭВМ-1. Информационная емкость этих схем составляет 16, 32, 64 бита в корпусе, время выборки — 100—200 нс, цикл — 1 мкс и более.

При создании ЕС ЭВМ-2 ЗУ на интегральных схемах получили дальнейшее развитие и широкое применение в качестве памяти различного назначения, что объясняется, прежде всего, улучшением характеристик микросхем памяти.

В оперативных ЗУ ЕС ЭВМ в основном нашли применение интегральные схемы (ИС) памяти емкостью 4 и 16 Кбит. ИС памяти с информационной емкостью 4 Кбит имеют время выборки 200 нс, время цикла — 400 нс. Время выборки ИС памяти емкостью 16 Кбит составляет порядка 250 нс, время цикла — порядка 400 нс. Указанные ИС памяти относятся к динамическому типу, существенным недостатком которого является необходимость периодической регенерации хранимой информации с целью предохранения ее от разрушения. Это приводит либо к асинхронному режиму работы оперативной памяти с процессором, либо к относительному увеличению (правда, незначительному) времени цикла оперативной памяти. Последнее происходит в том случае, если в цикле оперативной памяти отводится стандартная пауза регенерации. Однако применение динамических ИС памяти оправдано ее информационной емкостью, которая в несколько раз больше по сравнению со статическими схемами.

Во внутренней памяти процессоров ЕС ЭВМ-2 (память микропрограмм, буферная память, матрица адресов, регистры общего назначения и т. д.) применены три статические быстродействующие ИС памяти ЭСЛ-типа (эмиттерно-связанная логика): информационной емкостью 64 бита со временем выборки 15 нс и временем записи 10 нс, информационной емкостью 256 бит со временем выборки 40 нс и временем записи 30 нс, информационной емкостью 1024 бита со временем выборки 50—60 нс и временем записи 40 нс.

Характеристики ИС памяти определяют их место при реализации ЗУ ЭВМ. Так, быстродействующие, но обладающие меньшей информационной емкостью ИС памяти используются при создании внутренней памяти процессора. Схемы с большей информационной емкостью, обладающие меньшей скоростью работы, как правило, применяются при создании оперативных ЗУ.

Характерной особенностью всех видов памяти на интегральных схемах в отличие от памяти на ферритовых сердечниках является их энергозависимость, т. е. при выключении электропитания информация в них не сохраняется. Но возможность сохранения информации в оперативной памяти еще не решает всех проблем по восстановлению вычислительного процесса после отключения питания. Это связано с тем, что во внутренних регистрах процессора хранится управляющая информация, разрушающаяся в момент отключения питания, без которой невозможна работа операционной системы по продолжению вычислений. В связи с этим при любом виде памяти для сохранения информации должны быть предусмотрены дополнительные меры. Основными из них являются:

выдача сигнала, опережающего полное падение напряжения электросети для

останова процессора и блокировки оперативной памяти, а также перехода на запасное питание;

поддержание напряжения электросети на время переписи, необходимой для восстановления процесса вычислений информации на внешние носители;

восстановление управляющей информации в ЭВМ после включения питания, позволяющее продолжить выполнение программы с места ее прекращения или с контрольной точки.

С появлением интегральных схем памяти появилась возможность по-новому решать проблемы конструирования устройств оперативной памяти. В этом случае устройства памяти проектируются на уровне создания логических узлов, поскольку конструкция строится с применением типовых решений: накопительного ТЭЗ (типовой элемент замены), панели, стойки. Это дает также возможность использовать весь аппарат автоматизации проектирования, разработанный ранее для проектирования логических устройств.

Применение полупроводниковых схем в устройствах оперативной памяти позволило осуществить дальнейшее повышение информационной емкости памяти в пересчете на единицу конструктивного объема. Разработанные устройства оперативной памяти на интегральных схемах емкостью 16 Кбит в корпусе для ЕС ЭВМ-2 имеют емкость, равную 8 Мбайт в типовой стойке вместе с электропитанием. При дальнейшем повышении интеграции полупроводниковых схем памяти появляется возможность размещения оперативной памяти объемом 8—16 Мбайт в одной-двух типовых панелях процессора.

Перечисленные выше типы ИС памяти не являются окончательным составом схем. Проводимые в настоящее время работы по созданию новых микросхем и полученные по ним результаты позволяют рассчитывать на применение в ЕС ЭВМ в ближайшее время ИС памяти с увеличенной в несколько раз информационной емкостью. Развитие интегральной схемотехники практически не имеет ограничений, в связи с чем, указанное направление является весьма перспективным как для ЕС ЭВМ-2, так и при дальнейшем развитии Единой системы. Это не исключает и разработки элементов памяти и ЗУ с иными физическими принципами. В недалеком будущем следует ожидать создания различных видов памяти с лучшими, чем в настоящее время, характеристиками по емкости и скорости работы.

Необходимо отметить, что одни и те же элементы памяти, модули памяти и устройства оперативной памяти в целом, разработанные в рамках ЕС ЭВМ, находят применение в различных моделях, что существенно повышает эффективность их разработки.

### 3.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ

В различных моделях ЕС ЭВМ-2 в зависимости от их параметров применяются различные средства организации работы с оперативной памятью. В общем случае с целью уменьшения зависимости работы процессора и каналов ввода-вывода от временных параметров оперативной памяти, а также уменьшения их взаимного влияния друг на друга в структуре ЕС ЭВМ-2 предусмотрены следующие средства:

быстродействующая буферная оперативная память;

буфер каналов;

расслоение оперативной памяти.

**Эффективность буферной памяти.** Буферная оперативная память — это память относительно небольшой емкости (8—64 Кбайт в зависимости от производительности модели) с малым временем цикла (40—100 нс), позволяющая с темпом работы процессора осуществлять обращения к данным. Буферная память недоступна программисту в том смысле, что она не учитывается при программировании и о ее существовании программист может не знать. Она обычно расположена в процессоре, и

ее работа обеспечивается аппаратными средствами управления.

Целесообразность введения буферной памяти заключается в снижении эффективного времени доступа к информации, хранимой в памяти.

Эффективное время доступа определяется следующим выражением:

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{б}} \cdot P + T_{\text{п}}(1-P),$$

где  $T_{\text{эф}}$  — эффективное время доступа;

$T_{\text{б}}$  — время цикла буферной памяти;

$T_{\text{п}}$  — время цикла основной памяти;

$P$  — вероятность обращения к буферной памяти (вероятность нахождения запрашиваемой информации в буферной памяти).

Вероятность нахождения запрашиваемой информации в буферной памяти зависит от ее емкости и размера блока данных, которыми оперативная и буферная памяти обмениваются между собой. Последний параметр, хотя и не столь очевидно, тоже влияет на среднюю частоту обработки запросов от процессора. Например, если обмен между буферной и оперативной памятью будет осуществляться единицей информации (одной командой или одним операндом), то вероятность обращения к основной оперативной памяти снизится после заполнения буфера только за счет многократного использования одной и той же информации на участке программы, помещенной в буфер. Если обмен между буферной и оперативной памятью будет происходить блоками (несколько команд или операндов, расположенных по последовательным адресам), то вероятность обращения к основной оперативной памяти еще более уменьшится за счет возможности организации в этом случае опережающей выборки. Размер блока обмена зависит от конкретных временных параметров процессора, буферной и оперативной памяти и обычно выбирается равным 16, 32, 64 или 128 байтам.

Таким образом, основными параметрами буферной памяти, определяющими эффективное время доступа к оперативной памяти, являются емкость, время цикла и размер блока обмена данными между оперативной памятью и буферной.

Поскольку время цикла является величиной постоянной, определяемой быстродействием элементов памяти, то эффективность применения буферной памяти во многом зависит от правильного выбора ее емкости и размера блока обмена.

В идеальном случае емкость буферной памяти должна быть такой, при которой вся информация, за которой обращаются в память, располагается в буферной памяти. В этом случае вероятность обращения к буферной памяти равна единице и эффективное время доступа к оперативной памяти равно времени цикла буферной памяти. Однако в реальной системе вероятность обращения к буферной памяти не равна единице и в зависимости от параметров буферной памяти изменяется, подчиняясь закону, близкому к экспоненциальному. При любом размере блока обмена с увеличением емкости буферной памяти повышается вероятность обращения к ней. При заданной емкости буферной памяти с увеличением размера блока обмена вероятность обращения к буферной памяти вначале возрастает, а затем уменьшается, так как число независимых блоков данных, которые могут разместиться в буферной памяти, становится слишком малым. Наиболее сильное влияние на эту зависимость оказывает емкость буферной памяти. Буферная память большой емкости обеспечивает самую высокую частоту обработки запросов процессора даже при больших размерах блока обмена, тогда как буферная память малой емкости совершенно теряет эффективность. Для достижения максимальной эффективности применения буферной памяти ее параметры должны быть взаимосогласованными. В этом случае вероятность обращения к буферной памяти составляет 0,89—0,95, т. е. эффективное время доступа к оперативной памяти приблизительно равно времени цикла буферной памяти.

На рис. 13 показана зависимость эффективного времени доступа к оперативной памяти от емкости буферной памяти при различных размерах блоков обмена данных. В



данном случае время цикла буферной памяти равно 160 нс, а время цикла основной памяти — 2 мкс.

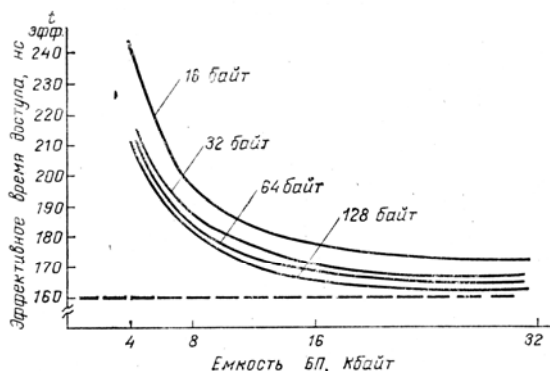


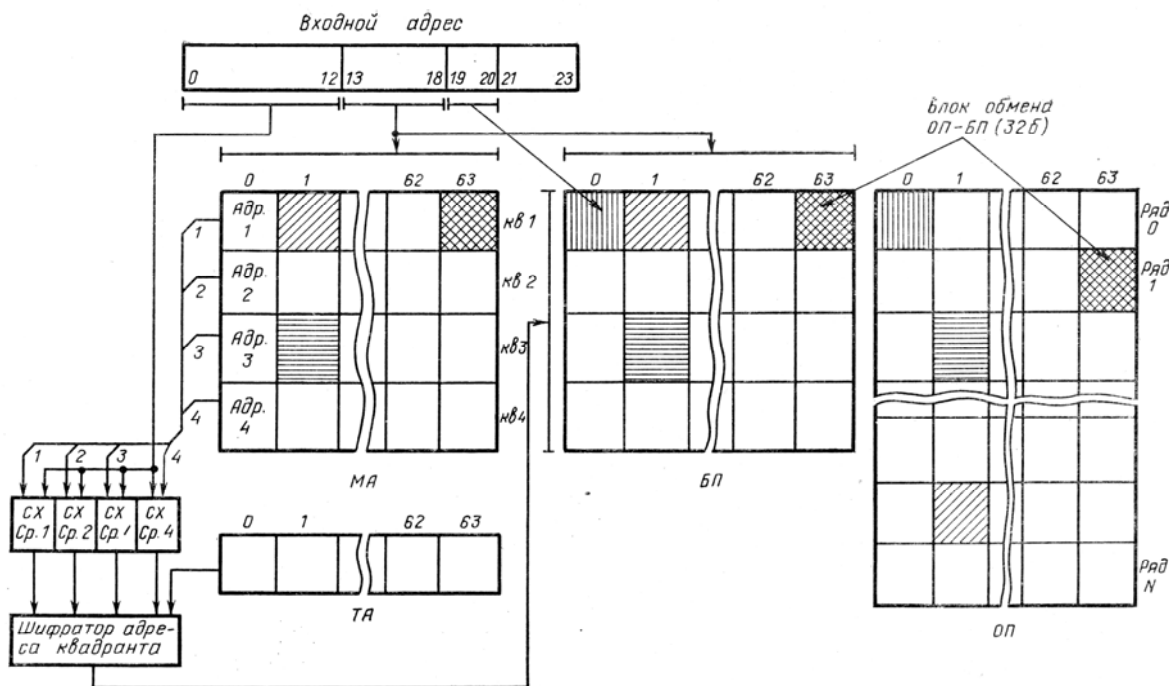
Рис. 13. Зависимость эффективного времени доступа к оперативной памяти от емкости буферной памяти

**Структура буферной памяти.** Данная память предназначена для хранения отдельных, наиболее часто используемых участков программы и организации быстрого доступа к ним со стороны процессора.

Структура буферной памяти и схема размещения информации в ней показаны на рис. 14. Емкость буферной памяти принята равной 8 Кбайт, размер блока обмена — 32 байта, ширина выборки из оперативной и буферной памяти — 8 байт.

Все поле основной памяти условно разбивается на отдельные блоки данных по горизонтали и вертикали. Данные, расположенные по горизонтали, образуют ряд блоков информации, общим объемом 2048 байт, а расположенные по вертикали — колонки блоков информации.

Число рядов зависит от объема оперативной памяти. Так, при объеме, равном 8 Мбайтам, основная память содержит 4096 рядов.



ис. 14. Схема размещения информации в буферной памяти

Число колонок постоянно и равно 64. В результате такого разбиения каждый ряд содержит 64 блока информации оперативной памяти. Объем каждого блока составляет 32 байта или четыре двойных слова данных, расположенных в основной памяти по

последовательным адресам. Обмен данными между основной и буферной памятью осуществляется указанными блоками информации.

Буферная память, так же как и основная, делится на блоки информации по горизонтали и вертикали, число рядов в буферной памяти постоянно и равно четырем, в дальнейшем будем называть их квадрантами. Число колонок в буферной памяти, как и в основной, равно 64. Таким образом, буферная память содержит 256 блоков информации по 32 байта каждый.

Любой блок информации из основной памяти может быть помещен в один из четырех квадрантов соответствующей колонки буферной памяти. Если буферная память будет иметь другую емкость и размер блока объема, может измениться число рядов и колонок блоков данных, а принцип отображения информации оперативной памяти в буферную остается тем же.

Буферная память управляется двумя массивами—адресным и замещения. Адресный массив носит название матрицы адресов. Деление матрицы адресов на колонки и квадранты в точности соответствует аналогичному делению буферной памяти. В матрице адресов хранятся адреса тех блоков информации основной памяти, которые в данный момент находятся в буферной памяти. Таким образом, в матрице хранятся 256 адресов, по одному для каждого блока информации буферной памяти.

Структура адреса следующая: адрес соответствующего ряда основной памяти и четыре разряда присутствия. Адрес колонки матрицы адресов и адрес ряда основной памяти, занесенный в эту колонку, однозначно определяют адрес информации, помещенный в буферную память из основной. Четыре разряда присутствия определяют запись в буферную память соответствующих двойных слов в пределах конкретного блока информации.

Каждой колонке матрицы адресов приписана шестиразрядная строка из массива замещения, называемого таблицей активности. По состоянию разрядов этой таблицы определяется блок информации в буферной памяти, обладающей минимальной активностью, т. е. тот блок, к которому было самое давнее по времени обращение. Этот блок информации подлежит замещению, если требуется выбрать новые данные из оперативной памяти.

В соответствии с делением основной и буферной памяти на ряды, квадранты и колонки 24-разрядный адрес, по которому осуществляется обращение в оперативную память, условно разбивается на четыре поля (табл. 6).

Процесс обмена блоками информации между основной и буферной памятью происходит следующим образом.

При поступлении из процессора запроса на выборку информации из оперативной памяти по адресу колонки (разряды 13—18) из матрицы адресов осуществляется одновременное считывание соответствующих четырех адресов ряда основной памяти

Т а б л и ц а 6

Номер поля	Разряды адреса	Назначение
1	0—12	Определяют адрес ряда основной памяти
2	13—18	Определяют адрес колонки матрицы адресов, буферной и основной памяти
3	19—20	Определяют номер двойного слова в пределах 32-байтового блока информации
4	21—23	Определяют номер байта в двойном слове

(по одному из каждого квадранта). Эти адреса сравниваются с адресом ряда основной памяти, который определен адресом обращения (разряды 0—12). Если сравнения не происходит, то это означает, что требуемого блока информации в буферной памяти нет и его необходимо считывать из основной памяти. В этом случае с интервалом в один машинный такт запускаются последовательно четыре логических блока памяти (используется принцип расслоения памяти) и из каждого блока выбирается по одному

двойному слову данных. Вся группа (блок информации) заносится в буферную память, а двойное слово, определяемое разрядами 19—20 адреса обращения, кроме того, передается в процессор. Блок информации, считанный из основной памяти, записывается в колонку буферной памяти, номер которой определяется разрядами 13—18 адреса обращения.

Если требуемая информация находится в буферной памяти (сравнение произошло), то двойное слово данных выбирается из буферной памяти и передается в процессор. При этом адрес ячейки буферной памяти определяется следующим образом: адрес квадранта определяется сигналом с соответствующей схемы сравнения, адрес колонки — разрядами 13—18, а адрес двойного слова — разрядами 19—20 адреса обращения.

Если процессор обращается для записи данных в оперативную память и при этом блок информации, в которой осуществляется запись, находится в буферной памяти, изменению подвергается содержимое основной и буферной памяти.

Содержимое буферной памяти является точной копией данных, записанных в соответствующих блоках информации основной памяти. Следовательно, если данные в основной памяти изменяются при записи информации от каналов ввода-вывода, то соответствующий блок информации в буферной памяти либо должен измениться аналогично, либо должен быть аннулирован. В этом случае обеспечивается следующее взаимодействие каналов ввода-вывода с буферной памятью. Каналы выбирают информацию из основной памяти, при этом состояние матрицы адресов и таблицы активности не меняется.

При записи данных в оперативную память через каналы ввода-вывода блок информации, к которому обращается канал, может находиться в основной памяти или может быть расположен в буферной памяти.

В первом случае никаких действий по изменению матрицы адресов, таблицы активности и содержимого буферной памяти не производится. Во втором — разряды присутствия соответствующего блока информации в матрице адресов устанавливаются в нуль (сбрасываются), а таблица активности корректируется так, чтобы указанный блок имел минимальную активность.

Возможен второй алгоритм работы с буферной памятью. Он отличается от первого тем, что информация несколько иначе записывается в оперативную память.

Если процессор осуществляет запись данных в оперативную память и при этом необходимый блок информации находится в буферной памяти, то изменяется только содержимое буферной памяти. Информация записывается в основную память блоками либо в момент замещения блоков с наименьшей активностью, либо по специальному алгоритму в те моменты, когда основная память свободна от обслуживания запросов канала и процессора.

Поскольку время цикла основной памяти в несколько раз превышает время цикла буферной памяти и по статистическим данным команды записи занимают значительный процент (15% по статистике Gibson 1) в программах, то при втором алгоритме организации работы с буферной памятью обеспечивается существенное повышение производительности процессора. В этом его главное преимущество.

Понятно, что при втором алгоритме каналы ввода-вывода при записи данных должны использовать весь механизм управления и осуществлять запись в буферную память и выборку из нее, если необходимый блок информации находится там. То же самое должно происходить в многопроцессорной системе с общим полем оперативной памяти, когда один из процессоров работает с данными, размещенными в буферной памяти другого процессора.

Таким образом, на уровне буферной памяти сходятся запросы от процессоров и каналов, в результате чего повышается степень конфликтности между ними и снижается общая пропускная способность системы памяти. Это является основным недостатком организации работы с буферной памятью по второму алгоритму.

Какой из двух алгоритмов более эффективен, решается при конкретном

проектировании исходя из параметров производительности процессора, пропускной способности системы ввода-вывода, времени цикла основной и буферной памяти, а также стоимостных параметров оборудования. В практике проектирования ЕС ЭВМ применяются оба алгоритма.

**Расслоение памяти.** Основная память разделена на отдельные логические блоки, каждый из которых может адресоваться и управляться независимо от другого. Принцип расслоения памяти, иначе называемый методом чередования адресов, заключается в адресации логических блоков памяти таким образом, что данные смежных адресуемых ячеек находятся в разных логических блоках.

До введения в структуру процессора буферной памяти расслоение памяти было, пожалуй, единственным организационным средством, позволяющим снизить эффективное время доступа к оперативной памяти. Особенно заметно это уменьшение для линейных участков программ с малой логической зависимостью команд (связностью команд). С введением буферной памяти эффективность метода сохранилась при групповом обмене (блоками данных) между основной и буферной памятью.

Таблица 7

Номер логического блока	Адрес ячеек памяти			
1	0	$n$	$2n$	$3n$
2	1	$n+1$	$2n+1$	$3n+1$
3	2	$n+2$	$2n+2$	$3n+2$
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
$n$	$n-1$	$2n-1$	$3n-1$	$4n-1$

Порядок размещения адресов в логических блоках памяти при степени расслоения  $n$  приведен в табл. 7. Снижение эффективного времени доступа к оперативной памяти при работе механизма расслоения происходит за счет совмещения во времени работы нескольких логических блоков памяти. Действительно, если каждый последующий блок памяти запускать после окончания работы предыдущего

(работа без расслоения), то время  $I$  считывания блока информации из  $n$  слов определяется из выражения:

$$T = (n - 1)T_{ц} + T_{вб},$$

где  $T_{ц}$  — время цикла основной памяти;

$T_{вб}$  — время выборки из основной памяти.

Если каждый блок памяти запускать с интервалом в один машинный такт (работа в режиме расслоения), то это же время составит:

$$T = T_{вб} + (n-1)T_{м},$$

где  $T_{м}$  — время такта процессора.

Очевидно, что  $T_{м} \ll T_{ц}$  и время доступа к оперативной памяти во втором случае меньше, чем в первом.

Выбор числа логических блоков памяти определяется временными соотношениями процессора и основной памяти с учетом затрат на управление. Как правило, в ЕС ЭВМ используется двух-, четырех- и восьмикратное расслоение памяти при ширине тракта выборки 4 и 8 байт.

**Конфликты при обращении в оперативную память.** Одним из факторов, снижающих эффективное время доступа к данным являются конфликты при обращении к оперативной памяти. Проблема сокращения конфликтности при обращении в оперативную память особенно остро встала в машинах третьего поколения, которые используют процессор с несколькими уровнями совмещения, и большое число высокоскоростных каналов ввода-вывода. При этом каждый уровень совмещения процессора может иметь свое независимое обращение к оперативной памяти. Таким образом, на уровне управления памятью разрешается конфликт как между запросами процессора и каналов, так и внутри групп запросов каждого из этих устройств.

Взаимное влияние этих запросов приводит к задержке обслуживания отдельных запросов при обращении к памяти. Результаты проведенного моделирования показывают, что при некоторых условиях эта задержка весьма значительна и составляет 20—23% эффективного времени доступа.

Конфликтность может быть снижена как за счет улучшения временных параметров

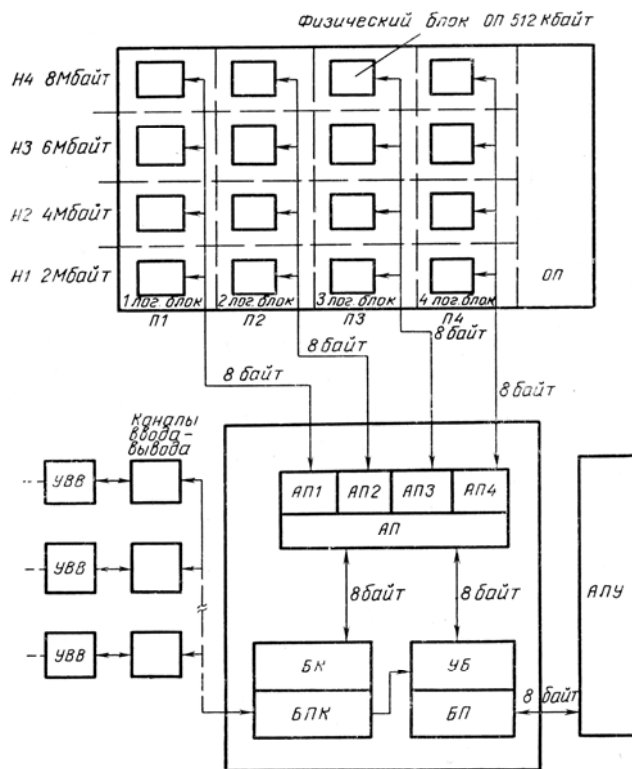


Рис. 15. Схема устройства управления памятью

оперативной памяти и развития методов, рассмотренных выше, так и выбора стратегии управления. Под стратегией управления понимается определение приоритетов обработки запросов в устройстве управления памятью и организация их обслуживания.

На рис. 15 показана структурная схема устройства управления памятью и его взаимодействие с процессором, каналами и оперативной памятью. С помощью этого рисунка рассмотрим применяемые в ЕС ЭВМ-2 структурные решения позволяющие снизить конфликтность при обращении в оперативную память за счет выбора определенной стратегии управления.

В ЕС ЭВМ, исходя из эффективности работы системы, при обращении к оперативной памяти высшим приоритетом по отношению к процессору обладают каналы ввода-вывода. Использование буферной оперативной памяти уже само по себе снижает вероятность аппаратного взаимодействия при обработке потоков информации от каналов и процессора в результате разделения этих потоков. Кроме того, буферная память позволяет уменьшить эффективное время доступа к оперативной памяти со стороны процессора и тем самым сократить среднее время занятости оперативной памяти на обработку одного запроса. Этим же целям при обращениях к оперативной памяти каналов служит буфер каналов (БК).

Блок буфера каналов предназначен для быстрой связи каналов ввода-вывода с основной памятью. Этот блок содержит для каждого канала регистровую группу, составляющую буферную память канала (БПК) для хранения данных, адресов и управляющих признаков. Число регистров в группе равно степени расслоения основной памяти или кратное ей. В них накапливается информация от каналов до передачи ее в

основную память в режиме записи или информация, считанная из основной памяти, до передачи ее в каналы в режиме чтения. В первом случае появляется возможность быстрого обмена данными от каналов с основной памятью, независимо от ее занятости, и быстрого освобождения канала для выполнения других операций. Во втором случае происходит быстрое освобождение основной памяти при обмене данными с каналом. В режиме записи канала данные, накопленные в регистрах, передаются в основную память, работающую в режиме чередования адресов, последовательно в каждом машинном такте. В режиме чтения данные также последовательно в каждом машинном такте считываются из основной памяти и накапливаются в регистровой группе соответствующего канала. Таким образом, в режиме записи каналы ввода-вывода до заполнения всех регистров работают только со своей буферной памятью, не обращаясь в основную память. В режиме чтения первое обращение от канала происходит в основную память, а последующие — только в регистровую группу буферной памяти канала. Применение буферной памяти канала эффективно для монопольного режима, поскольку в этом режиме информация передается большими блоками и при этом обращение в память, как правило, происходит по последовательным адресам. Таким образом, буфер каналов обеспечивает групповой обмен данными между основной памятью и каналами ввода-вывода.

Так как обращение каналов и процессора в память является независимым, то возникновение конфликтных ситуаций между ними возможно только в тот момент, когда и буферу каналов и процессору требуется одновременно (в одном цикле памяти) одна и та же аппаратура, в рассматриваемом случае — основная память или матрица адресов. С целью эффективного разрешения таких ситуаций в блоке управления буферной памятью (УБ) предусматриваются два тракта обработки адресов и две схемы приоритета: одна — по обращению в матрицу адресов, вторая — по обращению в основную память.

На первой схеме приоритетов разрешаются конфликтные ситуации между обращениями в матрицу адресов процессора (при анализе нахождения необходимых данных в буферной памяти) и буфера каналов (при записи с целью аннулирования в буферной памяти изменяемого блока информации). Высший приоритет при этом имеют обращения от процессора.

На второй схеме приоритетов данные ситуации разрешаются между запросами буфера каналов и процессора по обращению в основную память. Процессор обращается в основную память всегда при записи, а при чтении — только в тех случаях, когда требуемый блок информации необходимо выбирать из основной памяти. Высший приоритет в этом случае имеют запросы от буфера каналов.

При чтении информации от буфера каналов поступает запрос только на схемы приоритета по обращению в основную память. При записи в блок управления буферной памятью со стороны буфера каналов поступают два запроса: один — на схему приоритета основной памяти, другой — на схему приоритета матрицы адресов. Оба эти запроса обрабатываются независимо друг от друга. Так как запросы от буфера каналов носят групповой характер, то анализируется весь блок информации сразу, а не отдельные слова данных, и на это тратится только один машинный такт.

### **3.3. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**

Увеличение объема оперативной памяти и усложнение ее организации потребовали принятия ряда мер по повышению достоверности полученных из памяти данных надежности ее работы. К таким мерам в ЕС ЭВМ-2 относятся:

использование корректируемых кодов для устранения одиночных ошибок и обнаружения двойных;

применение специальных структурных решений, направленных на сохранение работоспособности вычислительной системы при выходе из строя одного модуля

памяти за счет уменьшения общей емкости оперативной памяти.

Контроль и коррекция ошибок памяти основаны на применении информационной избыточности, т. е. когда к контролируемому слову добавляется некоторое число контрольных разрядов. В ЕС ЭВМ-2 для этих целей используется модифицированный код Хэмминга, представляющий собой систематический код, т. е. код, где позиции контрольных разрядов постоянны.

Контрольные разряды формируются путем подсчета четности суммы единиц для определенных групп информационных разрядов. Требуемое число контрольных разрядов определяется из условия:

$$2^k \geq n+k+1 \text{ или } 2^k - k - 1 \geq n,$$

Номер разряда	0	7 0	7 0	7 0	7 0	7 0	7 0	7 0	7
	0	7 8	15 16	23 24	31 32	39 40	47 48	55 56	63
	CO								
	C1								
	C2								
	C4								
	C8								
	C16								
	C32								
	CO								
Номер байта	байт 0	байт 1	байт 2	байт 3	байт 4	байт 5	байт 6	байт 7	

Рис. 16. Кодирование информации по коду Хемминга

где  $n$  — число информационных разрядов;

$k$  — число контрольных разрядов.

Из приведенного соотношения следует, что для двойного слова (8 байт) необходимо иметь семь контрольных разрядов. Для исправления одиночных ошибок в

Разряды синдромов				CH1	0	1	0	1	0	1	0	1
				CH2	0	0	1	1	0	0	1	1
				CH4	0	0	0	0	1	1	1	1
CH	CH	CH	CH	Номер байта	Номер разрядов в байте							
32	16	8	0		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0		CO	C1	C2		C4			
0	0	0	1	0	C0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	1	0		C8							
0	0	1	1	1	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1	0	0		C16							
0	1	0	1	2	16	17	18	19	20	21	22	23
0	1	1	0									
0	1	1	1	3	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	4	C32	33	34	35	36	37	38	39
1	0	0	1		0	32						
1	0	1	0	5	40	41	42	43	44	45	46	47
1	0	1	1									
1	1	0	0	6	48	49	50	51	52	53	54	55
1	1	0	1									
1	1	1	0	7	56	57	58	59	60	61	62	63
1	1	1	1									

Рис. 17. Декодирующая матрица

контролируемом блоке и обнаружения двойных добавляется восьмой разряд, обеспечивающий контроль четности всего блока информации, включая и контрольные разряды. Таким образом, в каждой ячейке памяти хранятся 64 информационных разряда и 8 контрольных, которые сформированы по коду Хэмминга в режиме записи информационных разрядов в соответствующий блок оперативной памяти. Кодирующая и декодирующая матрицы показаны на рис. 16 и 17, где С0—С32 — контрольные разряды, а СН0—СН32 — синдромы ошибок. СОЧ — разряд общей четности всех восьми байт позволяет обнаруживать двойные ошибки и образуется либо сложением по модулю 2 информационных разрядов, отмеченных в кодирующей матрице, либо сложением всех информационных и контрольных разрядов. Такое построение кодирующей матрицы позволяет использовать одно и то же оборудование для вычисления С0—С32 и байтовых сигналов четности для передачи в процессор. Синдром ошибки получается путем сравнения контрольных разрядов, выбранных из оперативной памяти, и контрольных разрядов, вычисленных по кодирующей матрице для считанной информации.

Если синдром указывает на пустые клетки в декодирующей матрице, то имеется многократная ошибка. При контроле вычисляется соотношение

$$A = \sum (C_i + CH_i) \bmod 2 + СОЧ$$

$$i = \{0, 1, 2, 4, 8, 16, 32\}$$

Анализ ведется в соответствии с табл. 8.

Состояние синдромов	A	Вывод
Нули	0	Нет ошибки
≠ 0	1	Одиночная ошибка
≠ 0	0	Двойная ошибка
Нули	1	Ошибка в бите СОЧ

Нерегулярность в 0 и 32 разрядах кодирующей матрицы позволяет различать ошибки разрядов 0, 32, С0, и С32.

При многократной ошибке данные в оперативной памяти регенерируются для дальнейшей программной обработки.

Средства контроля данных оперативной памяти реализуются аппаратурой в блоке

адаптера памяти (АП) (см. рис. 15). Введение адаптера памяти в структуру процессора связано с тем, что блоки оперативной памяти представляют собой, по существу, группу запоминающих модулей, не имеющих общих регистров адреса, регистров записываемой и считываемой информации, не содержат также средств формирования и проверки правильности контрольных разрядов. Эти функции возложены на адаптеры памяти.

Для каждого логического блока основной памяти в блоке адаптера памяти имеется своя группа регистров адреса записываемых и считываемых данных. Адресные и информационные шины являются общими для всех направлений одного логического блока основной памяти. Средства контроля, которые расположены в адаптере памяти, — общие для всех логических блоков основной памяти.

Такое решение позволило упростить структуру устройства основной памяти и интерфейс связи процессора с памятью, благодаря чему появилась возможность его унификации и на этой основе — возможность использования одних и тех же устройств памяти в разных моделях. Кроме того, сократился удельный объем оборудования при наращивании емкости основной памяти.

В ЭВМ Единой системы емкость оперативной памяти для каждой модели установлена в соответствии с ее производительностью и имеет переменную величину от минимального значения, определяемого, как правило, стандартной комплектацией основного исполнения ЭВМ до максимального, обусловленного физической возможностью подключения. Возможность наращивания емкости оперативной памяти обеспечивается модульностью конструкции на уровне блоков памяти и устройств.



В оперативной памяти, выполненной на интегральных схемах, возможность увеличения емкости осуществляется также на уровне накопительных ТЭЗов.

Для примера рассмотрим подробнее устройство оперативной памяти ЕС-3206 для ЭВМ ЕС-1060. Основная схема разделения оперативной памяти ЕС-3206 на отдельные модули и принцип управления ими совпадают со схемой, показанной на рис. 15.

Минимальная емкость оперативной памяти для ЭВМ ЕС-1060 составляет 2 Мбайта и состоит из двух устройств ЕС-3206. Конструкция устройства ЕС-3206 основана на блочно-модульном принципе, который выражается в том, что общая емкость 1024 Кбайт разделена на два одинаковых блока памяти, каждый емкостью 512 Кбайт. Каждый блок памяти является независимым в составе устройства и имеет автономный интерфейс и управление. В свою очередь каждый блок памяти в качестве магнитного накопителя использует модули памяти. Информационная емкость каждого модуля памяти составляет 64 Кбайт. В состав блока памяти входит восемь модулей памяти, в состав устройства — шестнадцать. Модули памяти являются конструктивно законченными съемными и взаимозаменяемыми блоками.

Максимальная емкость оперативной памяти ЕС-1060 составляет 8 Мбайт и достигается путем подключения дополнительных устройств ЕС-3206. В каждом устройстве для этих целей предусмотрены схемы ретрансляции входных и выходных сигналов от процессора. Нарращивание емкости производится по 2 Мбайта последовательным подключением блоков памяти. Таким образом, блоки памяти, объединенные общими адресными, информационными и управляющими шинами, составляют логический блок памяти. Число блоков памяти в составе логического блока определяется комплектацией памяти в ЭВМ и может изменяться от 1 до 4. Выбор одного из четырех блоков памяти в пределах логического блока осуществляется непосредственной подачей на него из процессора по радиальным линиям сигналов управления. Адрес и информация подаются по магистральным линиям. В каждый момент времени в логическом блоке работает один из четырех блоков памяти. Блоки памяти адресуются номером горизонтального направления (Н1 — Н4) и номером логического блока памяти (П1 — П4).

В пульте управления ЭВМ предусмотрены средства, обеспечивающие реконфигурацию основной памяти в случае выхода из строя одного из блоков. Действия при реконфигурации зависят от емкости памяти. Если общая емкость оперативной памяти больше 2 Мбайт, то при выходе из строя одного из блоков все направление выключается и реконфигурируется в область старших адресов. Выключение всего направления связано с необходимостью сохранения режима расслоения памяти. Если емкость памяти минимальна, то в случае неисправности одного блока режим расслоения снимается автоматически, а указанный блок реконфигурируется в область старших адресов.

Кроме того, в пульте управления предусмотрены средства отключения буферной памяти, если она неисправна, и в этом случае работа продолжается с основной памятью.

Модульность конструкции устройств оперативной памяти в сочетании со специальными структурными решениями позволяет сохранять работоспособность ЭВМ при отказах модулей разного уровня. В общем случае этими же средствами достигаются увеличение надежности, улучшение взаимозаменяемости и ремонтпригодности, а также повышается технологичность изготовления и наладки оперативной памяти.

#### 4.1. ОРГАНИЗАЦИЯ И ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАНАЛОВ ВВОДА-ВЫВОДА

В машинах третьего поколения в результате оптимизации функций ввода-вывода появилась необходимость в создании специализированных процессоров ввода-вывода, обеспечивающих обмен информацией между устройствами ввода-вывода, а также внешними запоминающими устройствами и оперативной памятью параллельно с обработкой данных в процессоре.

Аппаратные и программные средства, осуществляющие обмен оперативной памяти с одним внешним устройством, составляют подканал. Совокупность подканалов образует канал ввода-вывода.

Различные режимы передачи информации и способы организации взаимодействия между каналами и центральным процессором, с одной стороны, и внешними устройствами — с другой, определяют тип канала процессора ввода-вывода.

В ЕС ЭВМ-2 допускается подключение каналов трех типов: селекторных, байт-мультиплексных и блок-мультиплексных.

Селекторный канал предназначен для обмена данными с быстрыми внешними запоминающими устройствами в монопольном режиме. В связи с этим логическую основу селекторного канала составляет разделенный подканал, выполняющий одну программу канала в каждый момент времени, строго регламентируя окончание предыдущей процедуры ввода-вывода до начала последующей.

Байт-мультиплексный канал осуществляет одновременное выполнение нескольких программ канала для нескольких среднескоростных или медленнодействующих внешних устройств. Основным режимом работы — мультиплексный, хотя во многих случаях предусмотрен монопольный режим функционирования мультиплексного канала. Логическую основу мультиплексного канала составляет совокупность неразделенных подканалов, с помощью которых осуществляется обмен данными с различными внешними устройствами с разделением во времени. Для этих целей имеются отдельные для каждого подканала или общее для группы подканалов оборудование и средств сопряжения. В ЕС ЭВМ-2 введен новый тип канала — блок-мультиплексный, который предназначен для организации параллельной работы нескольких высокоскоростных внешних устройств по одной информационной линии. Этот канал обладает свойствами как селекторного, так и мультиплексного каналов ЕС ЭВМ-1.

Процессор инициализирует работу программы канала с помощью операций ввода-вывода указанием кода операции, номера канала и адреса внешнего устройства, с которым будет происходить обмен данными. Кроме того, указывается адрес первой команды программы канала в оперативной памяти. Программа канала устанавливает тип задаваемой операции и определяет порядок ее выполнения. Для этой цели из оперативной памяти выбирается последовательность управляющих слов канала, содержащих код операции команды канала, начальный адрес блока оперативной памяти, выделенного для обмена, объем данных для обмена и режимы работы канала. Назначение разрядов УСК приведено в табл. 9.

Таблица 9

Номер разряда	Назначение разрядов
0—7	Код команды канала. Различаются шесть операций ввода-вывода: ЧИТАТЬ, ПИСАТЬ, ЧИТАТЬ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ, УТОЧНИТЬ СОСТОЯНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ и ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ -
8-31	Адрес первого байта информации в оперативной памяти
32—36	Признаки модификаторов, позволяющие изменить последовательность выполнения программы канала
32	Признак цепочки данных, при котором выбирается следующее УСК, если в предыдущем УСК счетчик байт информации станет равным нулю. Код операции в новом УСК игнорируется и продолжается выполнение ранее начатой операции
33	Признак цепочки команд, при котором после завершения выполнения операции, заданной в текущем УСК, выбирается и выполняется следующее УСК
34	Признак блокировки индикации неправильной длины, который показывает, что затребованный внешним устройством формат данных не совпадает с количеством байт данных, заданных УСК-
35	Признак блокировки записи, при котором выполняется одна из команд канала ЧИТАТЬ, ЧИТАТЬ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ, УТОЧНИТЬ СОСТОЯНИЕ без записи информации в оперативную память
36	Признак программно-управляемого прерывания. В этом случае каналом вырабатывается условие прерывания
37	Признак косвенной адресации данных
38—39	Должны быть равны нулю, иначе система определяет ошибку в программе канала
40—47	Не используются
48—63	Счетчик количества байт информации обмена

В ЕС ЭВМ-2, кроме команд НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД, ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД и ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ, используются еще и команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ, ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД, ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО И ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА.

Команды ввода-вывода не могут встретиться в проблемной программе, поскольку являются привилегированными и выполняются только в том случае, если процессор находится в состоянии «Супервизор». Для связи супервизора ввода-вывода и конкретной программы канала в прямоадресуемой области памяти процессора имеются две фиксированные ячейки оперативной памяти с адресами 72 и 64, содержащие соответственно адресное слово канала и слово состояния канала. Назначение разрядов АСК приведено в табл. 10.

Таблица 10

Разряды	Назначение
0—3	Ключ защиты памяти. Предназначен для защиты области, выделенной для операции ввода-вывода
4—7	Равны нулю, иначе система определяет ошибку в программе канала
8—28	Адрес первого УСК программы канала

Посредством АСК канал получает дополнительную информацию о месте нахождения программы канала в оперативной памяти и ключах защиты блоков обмена, в то время как с помощью ССК процессор информируется о состоянии канала и внешнего устройства, а также о результатах выполнения команды ввода-вывода.

Состояния канала, подканала и внешнего устройства отражаются комбинацией следующих сигналов: «Доступен», «Хранит прерывание», «Работает» или «Включен». Эти состояния непрерывно изменяются в процессе выполнения программы канала и

при необходимости записываются по команде в ячейку 64 оперативной памяти в виде ССК точно так же, как и особые ситуации, которые возникают при выполнении операций ввода-вывода. Как правило, ССК заносится в оперативную память в конце выполнения операции ввода-вывода, но в исключительных случаях запись может осуществляться посредством прерывания в процессе выполнения операции ввода-вывода. Порядок обработки прерываний, которые могут возникнуть одновременно в различных внешних устройствах, определяется схемами приоритета канала, обеспечивающими последовательную обработку всех запросов на прерывание, хранящихся до этого момента во внешних устройствах и подканалах. Во избежание потери информации о состоянии ввода-вывода должна быть замаскирована работа всех каналов до окончания анализа содержимого ССК.

Состояния канала и внешнего устройства, возникающие в ходе выполнения операций ввода-вывода, становятся понятны при рассмотрении назначения разрядов ССК, которые приведены в табл. 11.

Приведенное в табл. 11 назначение разрядов ССК модифицируется используемым оборудованием и конкретными причинами, возникшими в ходе выполнения операции ввода-вывода и вызвавшими запоминание ССК.

Выбранные принципы операций ввода-вывода в Единой системе определили логическую структуру каналов, каждый из которых

Таблица 11

Разряды	Назначение
0—3	Ключ защиты памяти. Переносится из АСК
4—5	Равен нулю. Признак невыполненной регистрации
6—7	Отложенный признак результата
8—31	Адрес последующего УСК, отличающийся от текущего УСК на байт
32—39	Байт состояния внешнего устройства
32	Признак «Внимание»
33	Признак «Модификатор состояния»
34	Признак «УВУ кончилось»
35	Признак «Занято»
36	Признак «Канал кончил»
37	Признак «ВУ кончилось»
38	Признак «Ошибка в устройстве»
39	Признак «Особый случай в устройстве»
40—47	Байт состояния канала
40	Признак «Программно-управляемое прерывание»
41	Признак «Неправильная длина»
42	Признак «Ошибка в программе»
43	Признак «Нарушение защиты»
44	Признак «Ошибка данных»
45	Признак «Ошибка в управлении»
46	Признак «Ошибка в интерфейсе»
47	Признак «Ошибка в цепочке данных»
48—63	Счетчик данных, в котором содержится конечное значение последнего УСК

должен выполнять следующие функции:

- принимать и дешифровать команды ввода-вывода от процессора;
- устанавливать связь с внешним устройством (ВУ), определенным командой ввода-вывода;
- выбирать программу канала из оперативной памяти;
- дешифровать команды канала, контролировать их корректность и выполнять операции, предписанные ими;
- принимать и передавать сигналы управления от ВУ и к ВУ посредством интерфейса ввода-вывода;
- обеспечивать прием, передачу, контроль, счет и хранение данных при обмене между оперативной памятью и внешним устройством;
- вырабатывать сигналы о состоянии канала, принимать и запоминать сигналы о

состоянии ВУ, формировать ССК. и заносить его в ячейку 64 основной памяти;  
осуществлять прием запросов на прерывания от ВУ, их организацию и пересылку в процессор.

#### 4.2. РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ОПЕРАЦИИ ВВОДА-ВЫВОДА

Для обеспечения функционирования блок-мультиплексного канала, а также для повышения эффективной скорости передачи данных ЕС ЭВМ-2 представляет новые возможности:

- режим мультиплексирования блоков данных;
- дополнительные команды ввода-вывода;
- повторение команд канала;
- расширенный интерфейс ввода-вывода;
- косвенную адресацию данных.

**Режим мультиплексирования блоков данных.** С точки зрения программиста блок-мультиплексный канал представляет собой независимое устройство, имеющее несколько подканалов и работающее параллельно с программой процессора. Режим работы данного канала зависит от состояния разряда управления мультиплексированием (нулевой разряд нулевого управляющего регистра центрального процессора). Если в момент получения команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД значение этого разряда равно 0, то блок-мультиплексный канал будет работать в селекторном режиме, и в этом случае он функционально эквивалентен селекторному каналу (мультиплексирование запрещено). Если в момент получения команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД значение этого разряда равно 1, то блок-мультиплексный канал будет выполнять операции запрошенного ВУ на основе блокового мультиплексирования одновременно с операциями других ВУ (мультиплексирование разрешено).

Селекторный режим или режим блокового мультиплексирования поддерживается каналом на все время выполнения программы канала. В режиме блокового мультиплексирования канал при выполнении одной программной операции канала, не связанной с передачей данных, может переключиться на выполнение операции передачи данных для другой программы канала. Такое переключение может произойти между блоками данных, если указана цепочка команд в программе канала или выполняется процедура повторения команды канала, так как передача в пределах блока данных осуществляется каналом в монопольном режиме.

На рис. 18 показана временная диаграмма последовательности работы блок-мультиплексного канала в режиме блокового мультиплексирования данных.

Если в момент выполнения программы канала в режиме цепочки команд канал получил от ВУ сигнал КАНАЛ КОНЧИЛ, то он прекращает выполнение этой программы, не дожидаясь прихода сигнала УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО, определяя тем самым готовность к выполнению операции ввода-вывода с другим ВУ. Состояние отключенной операции канал сохраняет в памяти подканала в виде управляющего слова устройства (УСУ).

Когда отключенное ВУ готово работать с каналом, оно пытается связаться с каналом и снова использовать его ресурсы. Если канал свободен, значение УСУ считывается из памяти подканала, и канал возобновляет выполнение прерванной программы канала. Если в рассматриваемый момент канал занят, ВУ должно ждать освобождения канала.

Эффективность работы блок-мультиплексного канала в блоковом режиме достигается только при поддержке ВУ данного режима.

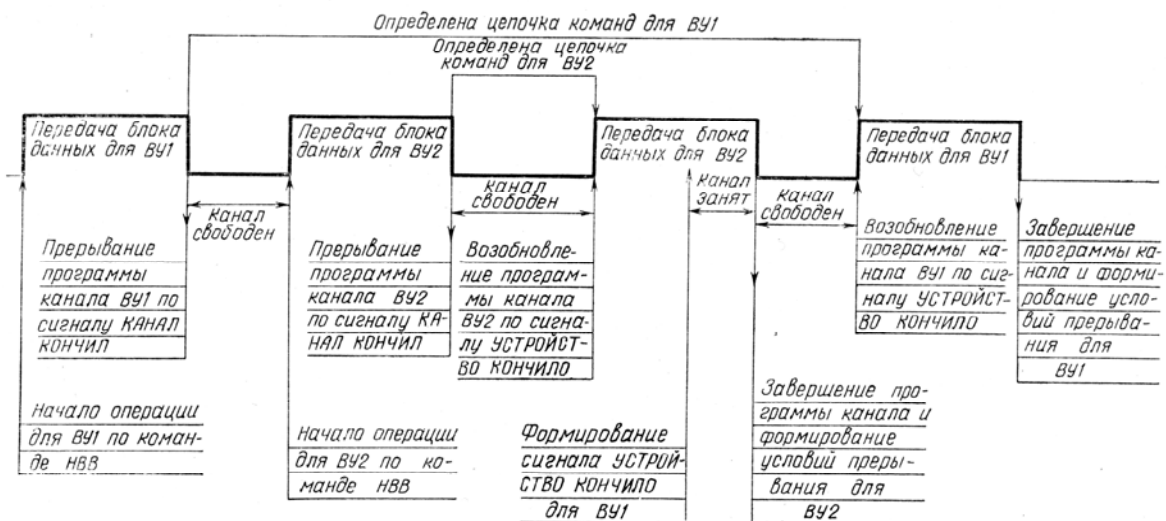


Рис.18. Временная диаграмма последовательности работы блок-мультиплексного канала в режиме блокового мультиплексирования данных

**Дополнительные команды ввода-вывода.** Для повышения эффективности использования системы ввода-вывода в ЕС ЭВМ-2 предусмотрены дополнительные команды ввода-вывода (табл. 12).

Таблица 12

Назначение	Мнемоника	Код операции
НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ	SIOF	9C01
ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД	CLRIO	9D01
ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО	HDV	9E01
ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА	STIDC	B203

Команда НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ в адресуемом ВУ запускает операцию ввода-вывода. Если значение разряда управления мультиплексированием равно 0, то канал выполняет эту команду так же, как и команду НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД.

Если значение разряда управления мультиплексированием равно 1, то канал выбирает из 72-й ячейки основной памяти АСК и сразу же освобождает процессор, а не после процедуры выборки устройства, как это было в случае выполнения команды НАЧАТЬ-ВВОД-ВЫВОД. Одновременно в блок-мультиплексном канале включается режим блокового мультиплексирования данных. Параллельно с работой процессора канал выполняет процедуру выборки устройства и начинает операцию ввода-вывода.

Если при выполнении команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ канал или ВУ обнаруживают ошибки, то операция ввода-вывода не начинается. В этом случае состояние канала и ВУ, а также отложенный признак результата (разряды 6 и 7) указываются в ССК, которое запоминается во время следующего прерывания ввода-вывода. Разряды 6, 7 в ССК указывают, были ли обнаружены для команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ после установки признака результата, равного 0, ситуации, которые привели бы к установке другого признака результата для команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД.

В табл. 13 приведены возможные состояния этих разрядов и их значения.

Таблица 13.

Разряд 6	Разряд 7	Значение
0	0	Обычное прерывание ввода-вывода
0	1	Отложенный признак результата равен 1
1	0	Не используется
1	1	Отложенный признак результата равен 3

При выполнении команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ процессор освобождается раньше для другой работы и поэтому данная команда имеет преимущество перед командой НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД. В то же время если выдается отложенный признак результата, то время выполнения команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ увеличивается по сравнению с тем, которое затрачивалось бы при выполнении команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД.

При работе в режиме блокового мультиплексирования данных блок-мультиплексный канал обеспечивает одновременное выполнение нескольких программ канала и операций ввода-вывода.

Каждой программе канала требуется свой подканал. Если в блок-мультиплексном канале выполняется несколько программ канала, использующих все доступные подканалы, то следующая команда НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ запустит операцию ввода-вывода и переведет канал в селекторный режим. Селекторный режим канала сохранится до окончания выполнения программы канала. После завершения выполнения программы канала канал переключится в режим блокового мультиплексирования данных и продолжит ранее начатые операции ввода-вывода с другими ВУ.

Выполнение команды ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД зависит от значения разряда управления мультиплексирования.

Если разряд управления мультиплексирования равен 0, то эта команда выполняется точно так же, как и команда ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД. Если разряд управления мультиплексирования равен 1, то при выполнении команды ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД текущая операция в адресуемом ВУ прекращается, состояние операций на момент окончания отражается в заполненном ССК, и подканал переводится в состояние «Доступен». После выполнения указанных действий процессор освобождается с признаком результата, равным 1.

Команда ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД значительно быстрее переводит подканал в доступное состояние, чем команда ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД. Для освобождения подканала после выполнения команды ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД процессор должен обработать прерывание ввода-вывода от данного подканала.

Команда ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО прекращает выполнение текущей операции только в адресуемом ВУ. По данной команде канал не прекращает монопольную работу с неадресуемым ВУ (в отличие от команды ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД). После прекращения текущей операции в адресуемом ВУ канал переводится в состояние ХРАНИТ ПРЕРЫВАНИЕ и для освобождения подканала процессор должен обработать прерывание ввода-вывода.

По команде ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА в ячейки 168—171 записывается информация, описывающая адресуемый канал (тип канала, номер модификации канала, максимальный объем области расширенной регистрации). Указанную информацию в основную память записывает канал. В дальнейшем эта информация используется программой с целью выделения области памяти для расширенной регистрации, а также при работе программных средств восстановления ошибок канала.

**Повторение команд канала.** В ЕС ЭВМ-2 имеется возможность повторения команды канала. Повторение команды — функция канала и ВУ, позволяющая повторять команду без запроса прерывания ввода-вывода. Повторение команды запрашивается ВУ по одной из двух комбинаций разряда состояния ВУ с помощью специальной последовательности сигналов интерфейса.

На рис. 19 показан алгоритм использования процедуры повторения команды в канале и ВУ.

Если повторение может быть выполнено немедленно, то ВУ выдает в байте состояния указатели: КАНАЛ КОНЧИЛ, СБОИ В УСТРОЙСТВЕ, МОДИФИКАТОР

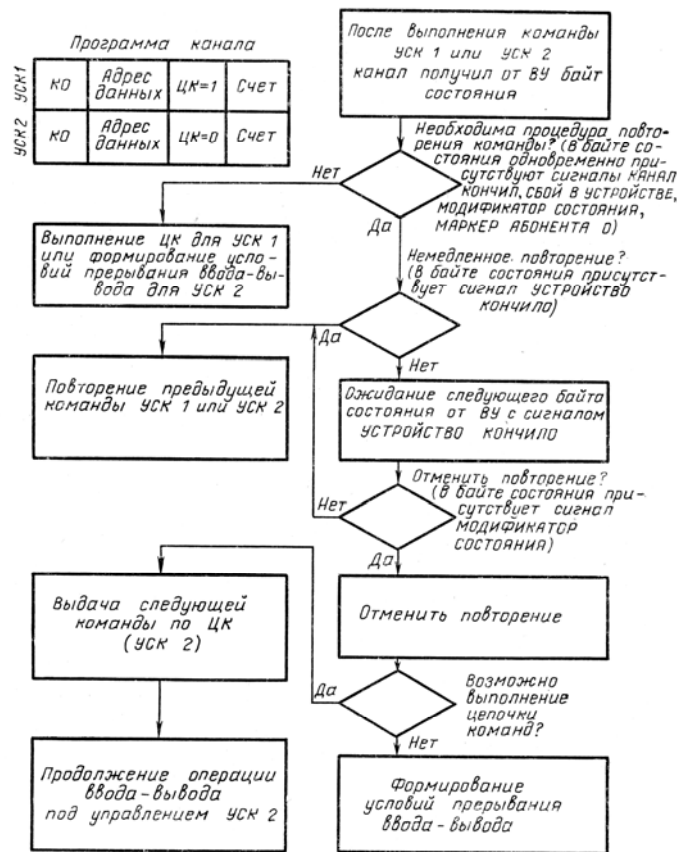


Рис. 19. Алгоритм использования процедуры повторения команды в канале и ВУ

СОСТОЯНИЯ и УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО. Канал, получив байт состояния с указанными признаками, начинает выполнять процедуру повторения команды. Во время повторения команды действия в канале аналогичны действиям, выполняемым для цепочки команд.

Если в байте состояния ВУ не выставлен указатель УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО, то канал только настраивается на повторение команды. После получения бита состояния с указателем УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО канал начнет выполнять процедуру повторения команды. Если ВУ представит байт состояния с указателями УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО и МОДИФИКАТОР СОСТОЯНИЯ, то повторение команды подавляется и при необходимости либо продолжается цепочка команд дальше, либо формируется условие прерывания ввода-вывода.

**Расширенный интерфейс ввода-вывода.** По сравнению с ЕС ЭВМ-1 в ЕС ЭВМ-2 значительно расширены возможности интерфейса ввода-вывода. С целью повышения пропускной способности интерфейса ввода-вывода введена параллельная двухбайтовая передача данных. Для этого предусмотрены два набора информационных шин: шины канала (18 линий) и шины абонента (18 линий). Две дополнительные линии канала (маркер канала) и две дополнительные линии абонента (маркер абонента) определяют наличие информации на этих шинах.

Для совместимости с интерфейсом ЕС ЭВМ-1 шины канала и абонента разбиты на два комплекта: первые комплекты шин (по 9 линий) используются как в ЕС ЭВМ-1, так и в ЕС ЭВМ-2, а вторые комплекты шин (по 9 линий) и линии маркеров могут применяться только в ЕС ЭВМ-2.

На рис. 20 показаны возможности работы расширенного двухбайтового интерфейса ввода-вывода в режиме передачи данных при считывании (а) и записи (б).

В интерфейсе ввода-вывода ЕС ЭВМ-2 предусмотрена ускоренная передача данных. Для этого введены дополнительно две линии (ДАН-А и ДАН-К), которые сопровождают соответствующие данные на шинах и аналогичны линиям ИНФ-А и



ИНФ-К. Сигнал линии ДАН-А в интерфейсе ввода-вывода может присутствовать в то время, когда сигнал линии ИНФ-А сброшен, и наоборот.

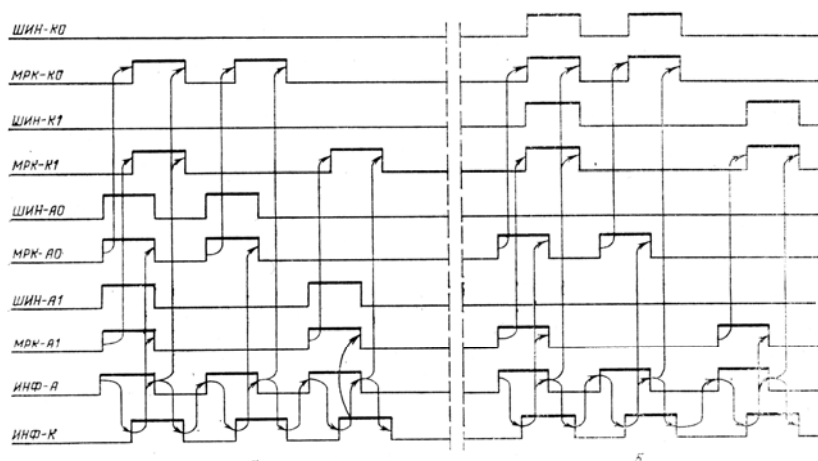


Рис. 20. Возможности расширенного двухбайтового интерфейса ввода-вывода в режиме передачи данных при считывании (а) и записи (б):

ШИН-К0 — первый комплект шин канала; ШИН-К1 — второй комплект шин канала; ШИН-А0 - первый комплект шин абонента; ШИН-А1 — второй комплект шин абонента; МРК-А0, МРК-А1 - линии маркеров абонента; МРК-К0, МРК-К1 - линии маркеров канала; ИНФ-А, ИНФ-К — сигналы сопровождения данных на шинах абонента и канала

Введение дополнительных линий ДАН-А и ДАН-К позволяет интерфейсу ввода-вывода обеспечить пропускную способность до 1,5 Мбайт/с — для однобайтовой передачи данных и до 3,0 Мбайт/с — для двухбайтовой передачи данных.

На рис. 21 показано взаимодействие сигналов ИНФ-А, ДАН-А, ИНФ-К, ДАН-К в режиме передачи данных при считывании (а) и записи (б).

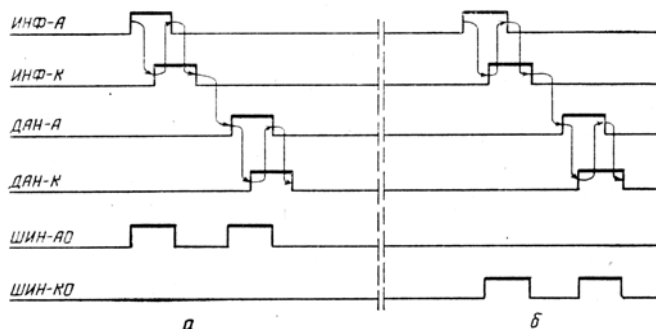


Рис. 21. Взаимодействие сигналов ИНФ-А, ДАН-А, ИНФ-К, ДАН-К в режиме передачи данных при считывании (а) и записи (б):

ДАН-А, ДАН-К — сигналы сопровождения данных на шинах абонента и канала

В ЕС ЭВМ-2 все линии связи в интерфейсе ввода-вывода конструктивно объединены в 4 кабеля, из которых 2 полностью совместимы с кабелями интерфейса ввода-вывода ЕС ЭВМ-1, что позволяет к каналам ввода-вывода ЕС ЭВМ-2 подключать ВУ ЕС ЭВМ-1, и наоборот (рис. 22).

Разъемы А1—А4 используются как для подключения ВУ ЕС ЭВМ-1, так и для подключения ВУ ЕС ЭВМ-2 (однобайтовый интерфейс). Разъемы А5 — А8 используются для подключения ВУ только ЕС ЭВМ-2 (двухбайтовый интерфейс). На разъемах, обозначенных звездочкой, показаны блоки согласующих резисторов.

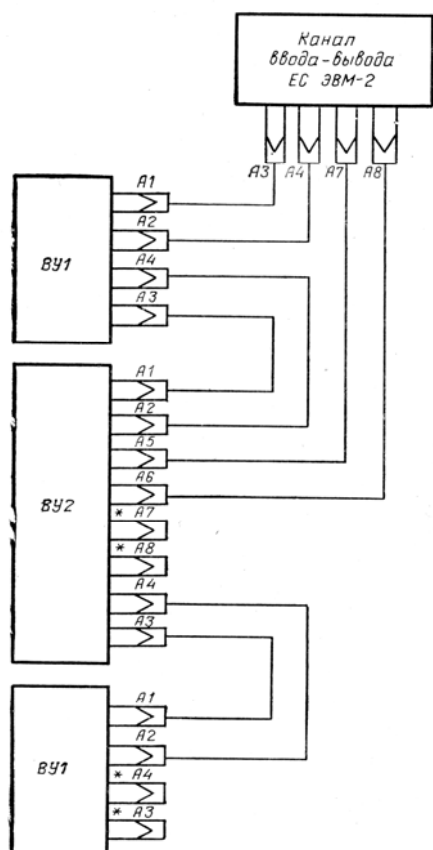


Рис. 22. Схема подключения ВУ к каналу ввода-вывода:  
 ВУ1 — внешнее устройство ЕС ЭВМ-1; ВУ2 — внешнее устройство ЕС ЭВМ-2; \*А3, А4, А7, А8 — блоки согласующих резисторов

В табл. 14 приведены обозначения разъемов интерфейса ввода-вывода и их назначение.

**Косвенная адресация данных в канале.** Средства косвенной адресации данных в канале являются дополнением к средствам динамического преобразования адресов в процессоре и преобразуют адреса данных для операций ввода-вывода. Эти средства позволяют одной команде канала управлять обменом данными с несмежными страницами реальной основной памяти.

Использование косвенной адресации задается 37-м разрядом поля признаков в УСК. Если значение 37-го разряда УСК равно 1, то это указывает на то, что адрес данных в УСК не используется для непосредственной адресации данных, а указывает на список слов, называемых словами косвенной адресации данных (КАД), каждое из которых содержит абсолютный адрес области данных в пределах 2048-байтового блока памяти.

Если определена косвенная адресация, то разряды 8—31 в УСК определяют адрес первого слова списка слов КАД, который будет использоваться для передачи данных по этой команде.

Таблица 14

Условное обозначение разъема	Назначение
А1	Предназначен для подсоединения к каналу ввода-вывода или к предыдущему ВУ и для передачи сигналов информации (первые комплекты шин)
А2	Предназначен для подсоединения к каналу ввода-вывода или предыдущему ВУ и для передачи сигналов управления (однобайтовый и ускоренные режимы)
А3	Служит для подсоединения следующего ВУ и для передачи сигналов информации (первые комплекты шин)
А4	Используется для подсоединения следующего ВУ и для передачи сигналов управления (однобайтовый и ускоренный режимы)
А5	Предназначен для подсоединения к каналу ввода-вывода или предыдущему ВУ и для передачи сигналов информации (вторые комплекты шин)
А6	Предназначен для подсоединения к каналу ввода-вывода или предыдущему ВУ и для передачи сигналов управления (двухбайтовый режим)
А7	Используется для подсоединения следующего ВУ и для передачи сигналов информации (вторые комплекты шин)
А8	Предназначен для подсоединения следующего ВУ и для передачи сигналов управления (двухбайтовый режим)

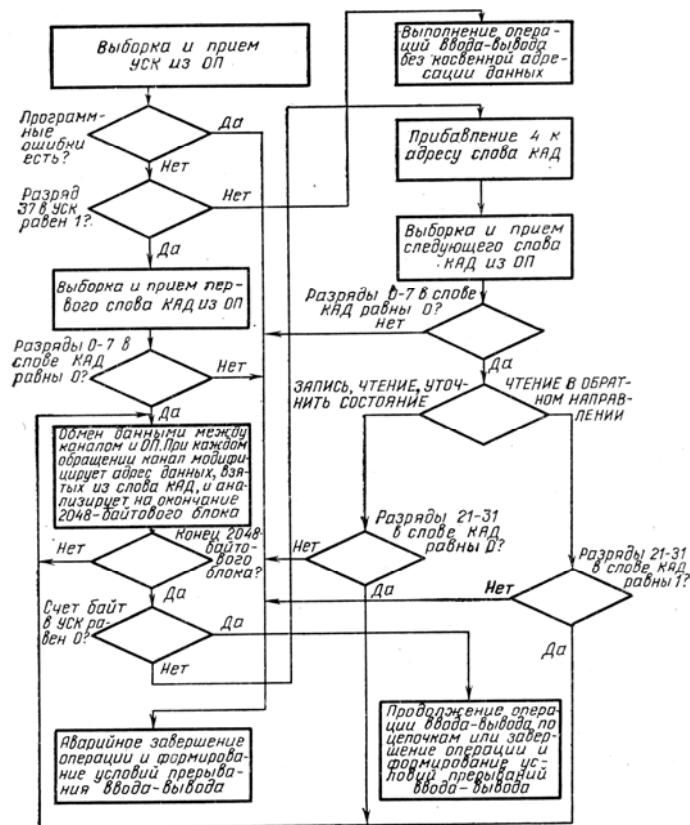


Рис. 23. Алгоритм выполнения операции ввода-вывода с косвенной адресацией данных

Дополнительные слова КАД, если они требуются для передачи данных в этой операции, выбираются из смежных ячеек основной памяти.

Число слов КАД, необходимых для одной операции, определяется полем счета в УСК и адресом данных в первом слове КАД.

Каждое слово КАД используется для передачи до 2048 байт и может определять любой адрес в основной памяти. Для операций чтения, записи, управления и уточнения состояния данные передаются в смежные ячейки основной памяти или из них в порядке возрастания адресов, а для команды чтения в обратном направлении — в порядке убывания адресов, пока не будет заполнен весь 2048-байтовый блок. После этого управление передается следующему слову КАД. Второе и любые последующие слова КАД должны определять в зависимости от команды адрес первого или последнего байта 2048-байтового блока. Таким образом, для команд типа чтения и записи эти слова КАД должны иметь нули в разрядах 21—31, а для команды чтения в обратном направлении в разрядах 21—31 они равны 1.

За исключением указанных выше ограничений на определение адреса данных в слове КАД, все остальные правила для адресов данных, к которым относятся правила обращения к запрещенной области памяти и указание недоступности адресов, а также правила для предварительной выборки данных, остаются такими же и для работы без косвенной адресации данных.

Слово КАД имеет следующие поля и формат:

Нули		Адрес данных	
0	7	8	31

Разряды 0—7 должны быть равны нулю. Разряды 8—31 определяют адрес первого байта данных, используемого при выполнении операции ввода-вывода. Для первого слова КАД адрес данных может быть не кратен 2048-байтовому блоку, для

последующих слов КАД адрес данных должен располагаться на границе 2048-байтового блока.

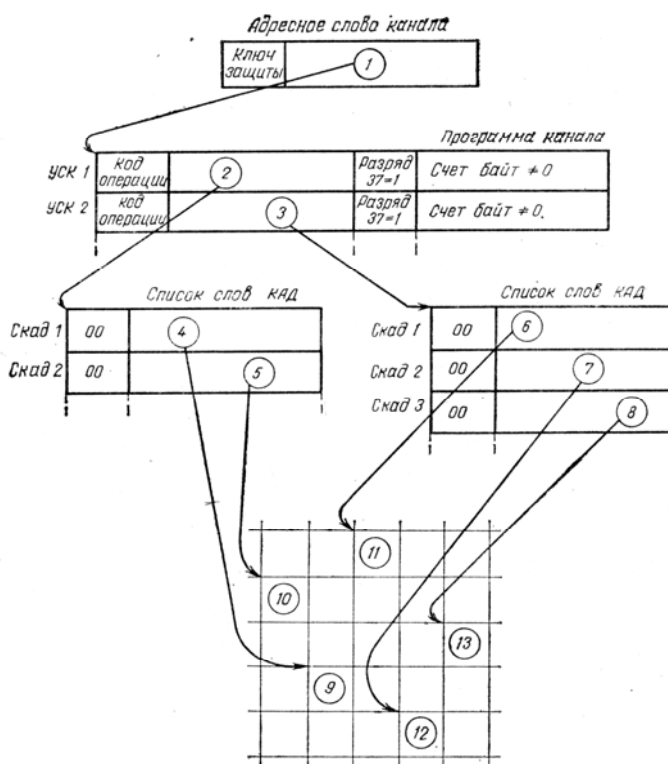


Рис. 24. Замена адресов данных при использовании косвенной адресации данных в канале:

1 — адрес начала программы канала; 2—3— адрес начала списка слов КАД; 4—8 — адрес начала блока данных в слове КАД; 9—13 —блоки данных (не более 2048 байт) в ОП

На рис. 23 показан алгоритм выполнения операции ввода-вывода с косвенной адресацией данных, на рис. 24 — замена адресов данных при использовании косвенной адресации данных.

### 4.3. РАБОТА СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА

К операциям ввода-вывода относятся передачи данных между основной памятью и внешними устройствами.

Канал ввода-вывода в соответствии с хранящейся в основной памяти программой канала организует и выполняет операции ввода-вывода, в том числе управляет обменом данными между ВУ и основной памятью. Связь процессора с каналом осуществляется в начале выполнения операции с целью выдачи исходных данных для ее организации, в конце операции — для получения информации о характере ее выполнения, в некоторых случаях и во время выполнения операции — для получения текущей информации или для прекращения выполнения операции. На рис. 25 показана блок-схема работы системы ввода-вывода.

Выполнение операций ввода-вывода начинается процессором по команде НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ (НВВБО) (1)\*. Если адресуемый канал доступен, не выполняет предварительно начатую операцию и не хранит прерывание, то он осуществляет выборку из 72-й ячейки основной памяти адресного слова канала, содержащего ключ защиты и начальный адрес программы канала; в противном случае выполнение НВВБО завершается с установкой признака ПР-3 или ПР-2. При обнаружении программных ошибок в принятом АСК. канал формирует и

\* Цифра в скобках означает номер блока на диаграмме алгоритма.

записывает в 64-ю ячейку основной памяти слово состояния канала и завершает выполнение НВВБО с установкой признака ПР-1.

При отсутствии ошибок НВВБО завершается с установкой признака ПР = 0 и процессор переходит к выполнению рабочих команд.

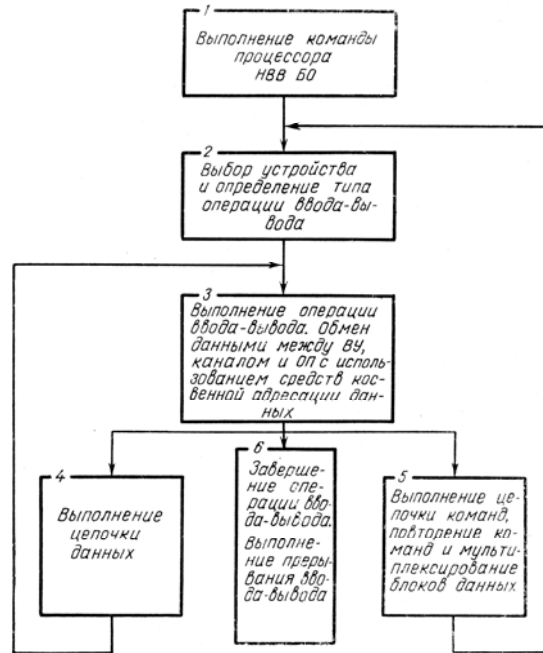


Рис. 25. Блок-схема работы системы ввода-вывода

Канал, работая параллельно с процессором, выбирает из ОП первое управляющее слово канала и в режиме косвенной адресации первое слово косвенной адресации данных, а также формирует реальный адрес данных в УСК.

При обнаружении программных ошибок в УСК или в слове КАД канал при выполнении НВВБО формирует ССК с отложенным признаком результата ОНР=1 и запрашивает прерывание ввода-вывода.

После успешной выборки из ОП УСК и слова КАД канал организует выборку адресованного внешнего устройства, высылая адрес этого устройства всем подсоединенным к интерфейсу данного канала ВУ (2). Если в интерфейсе ввода-вывода ВУ с данным адресом отсутствует, то канал формирует ССК с отложенным признаком результата ОНР = 3 и запрашивает прерывание ввода-вывода. Внешнее устройство, опознавшее свой адрес, логически подключается к каналу и получает от него код операции, указанной управляющим словом канала. В ответ на код операции ВУ передает в канал байт состояния. Канал анализирует принятый байт состояния и при необходимости может сформировать ССК с ОНР=1 и запросить прерывание ввода-вывода.

Если внешнее устройство может выполнить операцию ввода-вывода, указанную УСК, то канал и ВУ начинают эту операцию ввода-вывода и параллельно с работой процессора организуют передачу информации (3). При выполнении операции шина ЗАПИСЬ канала принимает из ОП данные и передает их через интерфейс ввода-вывода во внешнее устройство (в зависимости от режима по одному или по два байта одновременно).

При выполнении операции типа ЧИТАТЬ внешнее устройство передает через интерфейс ввода-вывода по одному или по два байта, канал принимает и помещает их в ОП. При каждом обращении в ОП канал изменяет в УСК поле адреса данных и поле счетчика байт и анализирует их значение.

Если в УСК адрес данных кратен границе 2048-байтового блока и задан режим косвенной адресации, то канал выбирает из ОП следующее слово КАД, формирует

новый реальный адрес данных в УСК и при отсутствии ошибок продолжает операцию ввода-вывода (3). Возможны операции ввода-вывода, заключающиеся в передаче данных в несколько областей памяти. В этом случае используется цепочка УСК, каждая из которых указывает область памяти для операции, заданной в начале цепочки.

Если в УСК счетчик байт будет равен нулю и задан режим цепочки данных, то канал выбирает из ОП следующее УСК. При необходимости работы с косвенной адресацией канал дополнительно выбирает из ОП первое слово КАД, формирует реальный адрес данных в УСК и продолжает выполнение той же операции ввода-вывода под управлением нового УСК (4). Если возникают программные ошибки при приеме УСК или слов КАД, то канал аварийно завершает операцию ввода-вывода и принимает от ВУ байт состояния, характеризующий окончание операции.

Если счетчик байт в УСК равен нулю и не задан режим цепочки данных, то канал завершает операцию ввода-вывода, принимает от ВУ байт состояния и анализирует его. Если значения байта состояния ВУ определяют режим повторения команды, канал выбирает из ОП предыдущее УСК и организует режим повторения команды (5), аналогичный цепочке команд. При этом канал повторно выбирает ВУ (2) без участия процессора.

При необходимости последовательного выполнения на одном ВУ ряда различных операций либо для передачи через канал нескольких блоков данных используется цепочка команд.

Если в УСК задана цепочка команд и значение байта состояния позволяет выполнить эту цепочку команд, то канал и ВУ определяют необходимость организации режима мультиплексирования блоков данных. При организации блок-мультиплексного режима канал выбирает из ОП следующее УСК и активизирует цепочку команд для другого, более приоритетного устройства (5). При этом работа с предыдущим устройством временно прекращается, а необходимая управляющая информация запоминается в подканале.

Если режим блокового мультиплексирования не задан, канал выбирает из ОП следующее УСК и продолжает работу по цепочке команд с тем же устройством (5). Если в УСК цепочка команд не задана или байт состояния не позволяет выполнить ее, канал формирует ССК и делает запрос на прерывание ввода-вывода (6).

Во время выполнения процедуры учета прерывания ввода-вывода канал записывает ССК в 64-ю ячейку ОП, а адрес канала и ВУ — в регистр слова состояния программы. Процессор после завершения процедуры проводит смену ССП и начинает выполнять программу обработки прерывания ввода-вывода (6). В это время канал доступен для приема новой команды процессора или для приема запросов на обслуживание со стороны ВУ.

Процессор по командам ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД, ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД, ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО может прекратить выполнение ранее начатой операции, а по командам ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ и ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД может проверить состояние всей системы ввода-вывода, включающей адресованный канал и ВУ.

По окончании выполнения программы канала сигналы, характеризующие прекращение операции ввода-вывода, передаются основной программе либо через прерывания ввода-вывода (6), либо при выполнении команды процессора ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД.

В любом случае эти сигналы вызывают запоминание ССК, которое содержит информацию, относящуюся к выполняемой операции ввода-вывода.

#### 4.4. ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

**Внешняя память в ЕС ЭВМ.** Производительность и вычислительные возможности

ЭВМ в значительной степени определяются составом и характеристиками ее памяти. Основное назначение внешней памяти состоит в существенном увеличении объема памяти ЭВМ для хранения основной массы данных, промежуточных результатов вычислений и необходимого программного обеспечения. Ее объемы в настоящее время в наиболее мощных вычислительных системах достигают десятков и сотен Гигабайт против единиц Мегабайт оперативной памяти.

В отличие от ОП, которая может быть представлена определенным блоком (или блоками), выполненными на тех или иных физических элементах (ферритовых сердечниках, пленках, интегральных схемах и т. д.), обозначить с такой же определенностью внешнюю память довольно затруднительно. Более правильно можно представить себе внешнюю память как совокупность носителей с информацией, как библиотеку этих носителей, в которой любой самостоятельный объем информации с помощью тех или иных устройств (накопителей, внешних запоминающих устройств и т. д.) снимается и передается в ОП вычислительной машины или воспринимается из нее и записывается для хранения на соответствующий носитель.

С этой точки зрения внешние запоминающие устройства (ВЗУ) функционально подобны устройствам ввода-вывода и допускают организацию работы с ними, аналогичную организации работы УВВ.

Внешняя память современных ЭВМ и вычислительных комплексов строится на принципах магнитной записи на подвижный носитель в виде лент, дисков и барабанов, покрытых магнитным материалом.

С созданием Единой системы ЭВМ появилась необходимость в дополнительных требованиях к разработке и эксплуатации ВЗУ:

обеспечение взаимозаменяемости носителей данных. Если ранее это требование выполнялось в пределах одной вычислительной машины, то для ЕС ЭВМ необходима взаимозаменяемость носителей между различными ЭВМ, находящимися не только в различных вычислительных центрах, но и в различных странах. Это привело к стандартизации основных параметров носителей данных — электрических (сигналов, разрешающей способности), физических (длине, ширине, толщине, диаметров), способов записи, плотности записи, форматов записи и организации эталонной службы;

стандартизация связей между ЭВМ, устройствами управления и накопителями, т. е. введение интерфейсов на различных уровнях. Это позволило использовать весь парк ВЗУ и различных ЭВМ Единой системы, а также вводить в состав ЭВМ новые устройства по мере их разработки и освоения в производстве;

увеличение емкости внешней памяти, которая, как правило, составляет в современных ЭВМ несколько сотен Мегабайт и более;

улучшение технических характеристик: скорости обмена данными, времени доступа к информации, надежности и др.

Работы по ВЗУ, проводимые в рамках ЕС ЭВМ-1 и ЕС ЭВМ-2, позволили в значительной мере решить указанные задачи.

**Виды и характеристики ВЗУ.** Существующий парк ВЗУ по своему составу далеко не однороден и включает устройства с разными техническими характеристиками. Основные параметры — емкость единичного носителя, скорость обмена информацией, время доступа к заданной информации — из-за взаимопротиворечивости не могут одновременно принимать желаемые значения. Поэтому в каждом ВЗУ эти противоречия решаются в соответствии с теми или иными потребностями.

На рис. 26 показана классификация накопителей, используемых в различных сочетаниях во внешней памяти ЭВМ.

Характерной особенностью структуры является наличие двух видов устройств: ВЗУ прямого доступа — накопителей на магнитных дисках или барабанах и ВЗУ последовательного доступа — накопителей на магнитной ленте. Первые по конструкции и технологии изготовления значительно сложнее вторых, хранение

единицы информации на них дороже. Однако сравнительно малое время доступа обеспечивает им обязательное использование во внешней памяти современных ЭВМ в «оперативных режимах», а также дальнейшее совершенствование и развитие.

Эту группу в ЕС ЭВМ-2 представляют подсистемы ЕС-5066/ЕС-5566, ЕС-5050/ЕС-5551, ЕС-5052/ЕС-5551, ЕС-5061/ЕС-5561, ЕС-5061/ЕС-5568.

Использование дисковой подсистемы на основе накопителей емкостью 100 Мбайт

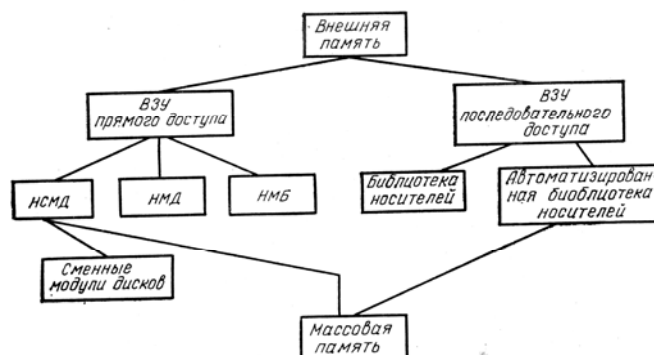


Рис. 26. Классификация накопителей внешней памяти

(ЕС-5066/ЕС-5566) позволило существенно увеличить емкость внешней памяти ЭВМ и расширить их функциональные возможности. При создании этого накопителя был решен ряд технических вопросов: разработка более тонкого магнитного покрытия дисков, получение устойчивого плавления магнитной головки на малой высоте над поверхностью диска, создание тракта записи-воспроизведения с высокой разрешающей способностью, разработка чувствительной сервосистемы. Устройство управления ЕС-5566 также имеет значительные преимущества перед ранее используемыми устройствами того же назначения.

ВЗУ последовательного доступа в настоящее время представлены накопителями на магнитных лентах (НМЛ). Несмотря на сравнительно большое среднее время доступа к информации, они прочно удерживаются в составе внешней памяти ЭВМ. Объясняется это низкой стоимостью и удобством хранения информации, записанной на магнитной ленте. На больших вычислительных центрах библиотеки бобин магнитной ленты насчитывают десятки тысяч единиц с общим объемом хранимой информации— $10^{12}$ — $10^{13}$  бит. Все исходные данные и результаты вычислений, независимо от того, на каких ВЗУ они представлялись в процессе обработки, для хранения перезаписываются, «сбрасываются» на магнитную ленту.

Наиболее широкое распространение получили накопители на магнитной ленте, работающие с плотностями записи информации 32 и 63 бита/мм и имеющие диапазон скоростей передачи данных от 32 до 315 Кбайт/с. В ЕС ЭВМ эту группу представляют накопители ЕС-5012, ЕС-5017, ЕС-5025, ЕС-5002, ЕС-5003, их модификации и подсистемы на их основе.

Характеристики основных ВЗУ ЕС ЭВМ приведены в табл. 15 и 16.

Таблица 15

Шифр НСМД	Страна - разработчик	Основные технические характеристики		
		информационная емкость на шпиндель, Мбайт	скорость передачи данных, Кбайт/с	среднее время доступа, мс
ЕС-5050	СССР	7,25	156	80
ЕС-5052	НРБ	7,25	156	60
ЕС-5056М	СССР	7,25	156	90
ЕС-5061	НРБ	29	312	75
ЕС-5666	СССР	100	806	45
ЕС-5067	НРБ	200	806	30
ЕС-5080	СССР	200	806	30



Таблица 16

Шифр НМЛ	Страна разработчик	Основные технические характеристики					
		емкость катушки, Мбайт	плотность записи, строк/мм	скорость движения ленты, м/с	способ записи	время пуска-останова, мс	максимальная скорость передачи данных, Кбайт/с
ЕС-5017	СССР	20	8/32	2	БВН-1	5	64
ЕС-5019	ПНР	20	8/32	3	БВН-1	4	96
ЕС-5022	ЧССР	20	8/32	4	БВН-1	3	128
ЕС-5025	СССР	20/40	32/63	2	БВН-1/ФК	5	64/126
ЕС-5612	НРБ	20/40	32/63	3	БВН-1/ФК	3	189
ЕС-5002	ГДР	20/40	32/63	3	БВН-1/ФК	3	96/189
ЕС-5003	НРБ	20/40	32/63	5	БВН-1/ФК	2	160/315
ЕС-5004	ЧССР	20/40	32/63	2	БВН-1/ФК	4	64/126
ЕС-5027	НРБ	120	63/246	3	ФК/ГК	1	750

**Организация работы внешней памяти.** Определяющим фактором при организации работы ВЗУ является стремление максимального уменьшения влияния параметров этих устройств на скорость и надежность работы отдельных ЭВМ и систем в целом. При этом важное значение имеют вопросы, связанные с обеспечением возможности изменения комплектности в уже работающих комплексах, модернизацией и подключением новых, более совершенных устройств, удобством эксплуатации и др.

В ЕС ЭВМ реализована следующая схема подключения ВЗУ к машине: процессор — канал — устройство управления (УУ) — внешнее запоминающее устройство. В этой цепочке к процессору может быть подключено несколько каналов, к каналу — несколько УУ, а каждое УУ способно обслужить некоторое количество ВЗУ. Таким образом, с машиной могут работать десятки ВЗУ в соответствии с желанием пользователя.

Схема непосредственного подсоединения к двум процессорам (одной ЭВМ или разных ЭВМ) показана на рис. 27.

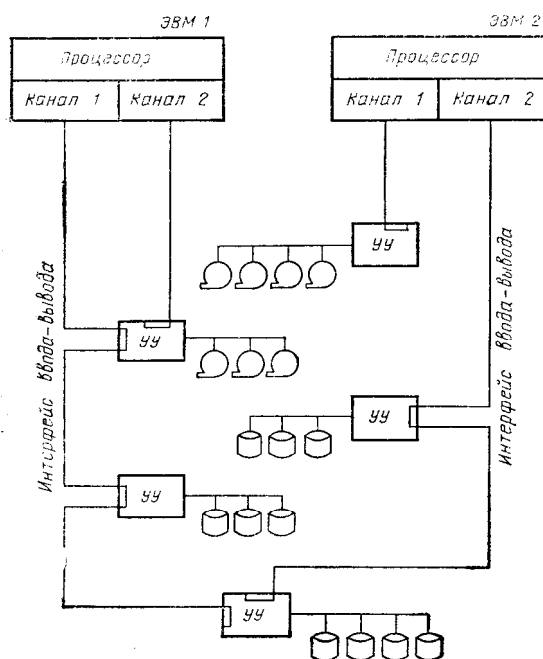


Рис. 27. Схема подключения ВЗУ

Приведенная схема, дополненная едиными принципами программного обеспечения и однотипной связью каналов с УУ и УУ с ВЗУ, позволяет организовать работу ВЗУ, удовлетворяя требованиям функционирования их в составе ЭВМ и требованиям изменения комплектации внешней памяти по запросам пользователя.

Взаимодействие ВЗУ с машиной по своей организации аналогично взаимодействию устройств ввода-вывода. Поэтому внешние запоминающие устройства с точки зрения программной обработки входят в общую с ними группу внешних устройств.

Имея относительно высокие скоростные характеристики, ВЗУ подключаются к селекторным или блок-мультиплексным каналам и, монополизировав все средства канала, не позволяют другим внешним

устройствам подключаться через него к машине. Связь между каналом и устройством управления осуществляется через стандартный интерфейс ввода-вывода.

Помимо основного стандартного интерфейса ввода-вывода, существует так называемый малый интерфейс между устройством управления и внешним запоминающим устройством, представляющий собой набор линий и сигналов. Набор и назначение линий связи малого интерфейса в основном аналогичны стандартному интерфейсу ввода-вывода. Временные же соотношения сигналов, поскольку они отражают особенности конструкции ВЗУ, различны для разных групп аппаратуры. Поэтому малый интерфейс стандартизируется в пределах одного и того же типа устройств (например, накопителей на магнитных лентах определенного класса).

Система связи канала, УУ и ВЗУ допускает несколько вариантов взаимного подсоединения.

1. Канал — УУ—ВЗУ. Это самая простая схема соединения.
2. ВЗУ через специальный управляющий коммутатор может подключаться к двум или нескольким УУ, при этом сами УУ связаны с одним или несколькими каналами. При таком подключении обеспечивается возможность доступа к конкретному ВЗУ, минуя занятое или неисправное УУ. Гибкость и надежность системы повышаются, но при этом в схеме появляется новый блок — управляемый коммутатор.
3. УУ имеет независимые схемы подключения к двум каналам или же для этой цели используется коммутатор. Этот способ позволяет работать не только двум каналам одной машины с конкретным ВЗУ, но и обеспечить доступ нескольким машинам к одному ВЗУ, т. е. позволяет обеспечить общее поле внешней памяти для нескольких ЭВМ, связанных в систему.
4. Наиболее сложный способ подключения ВЗУ как в техническом, так и в программном отношении. Он включает все особенности ранее рассмотренных способов.

Для различных типов ВЗУ с учетом их функций и назначения при создании сложных вычислительных комплексов и систем можно использовать различные схемы. В типовых конфигурациях ЭВМ Единой системы в настоящее время для подсоединения ВЗУ в основном применяется третий вариант.

Принятая в ЕС ЭВМ и рассмотренная схема организации взаимодействия ВЗУ с машиной имеет следующие достоинства:

удобство и легкость программирования при наличии большого разнообразия ВЗУ, поскольку основные принципы организации неизменны и не зависят от конкретных устройств;

гибкость изменения набора ВЗУ в соответствии с желанием пользователя (разнообразие конфигураций внешней памяти), а также возможность увеличения в широких пределах состава ВЗУ без каких-либо изменений в процессоре и каналах;

возможность сохранения работоспособности системы при выходе из строя блоков при наличии нескольких путей доступа к ВЗУ;

возможность работы нескольких ЭВМ, связанных в систему, на общее поле внешней памяти;

стандартность сопряжения УУ с каналом, позволяющая проводить модернизации и разработку новых ВЗУ и включение их в состав ЭВМ по мере готовности.

**Перспективы развития ВЗУ.** В настоящее время ведется активный поиск путей применения новых физических принципов в запоминании больших объемов информации с использованием лазерной техники, голографии, оптических и магнитно-оптических эффектов.

С другой стороны, серьезные успехи в развитии микроэлектроники, особенно в области интегральных схем памяти, приборов с зарядовой связью, цилиндрических магнитных доменов и др., уже сегодня позволяют создавать запоминающие устройства, конкурирующие с аппаратурой нижнего уровня ВЗУ, по объемам запоминаемой информации, производительности и надежности.

Несмотря на это, далеко не исчерпаны возможности традиционных внешних запоминающих устройств на магнитных носителях.

Ленточные накопители совершенствуются по двум направлениям: создание накопителей большой емкости и повышение надежных и эксплуатационных характеристик.

Результатом работ по первому направлению должны быть накопители с повышенной плотностью записи, в том числе за счет новых способов кодирования, что позволит увеличить в несколько раз информационный объем бобины магнитной ленты и скорость обмена данными.

Второе направление должно привести к существенному увеличению срока службы наиболее ответственных элементов накопителя — магнитных головок, а также исключение непосредственного контакта оператора с магнитной лентой благодаря введению в НМЛ механизма автоматической заправки магнитной ленты.

Естественным развитием накопителей на сменных магнитных дисках является разработка устройств с увеличенной информационной емкостью пакета, которая в ближайшее время составит 200 и 300 Мбайт. Однако создание таких устройств еще в большей степени обострит проблему обеспечения взаимозаменяемости сменных пакетов.

В связи с этим перспективным направлением в развитии накопителей со сменными пакетами дисков является разработка дисковых устройств со сменными модулями, в которых наборы дисков совмещены с магнитными головками. Такое конструктивное решение исключает сложную и трудоемкую операцию юстировки магнитных головок, а также существенно увеличивает емкость устройств за счет более низкого уровня плавания магнитных головок на поверхности диска. Разовый объем информации, хранимый в подобной подсистеме внешней памяти, может достигать 20 Гбайт. Указанные устройства значительно повышают надежность и облегчают эксплуатацию системы.

Следующим шагом в развитии внешней памяти ЭВМ является так называемая «массовая» память, объединяющая основные положительные качества как ленточных, так и дисковых ВЗУ.

Емкость массовых памяти достигает величин  $10^{12}$ — $10^{13}$  бит, скорость обмена данными — 800—900 Кбайт/с и максимальное время доступа — не более 15с.

При виртуальной организации эта память для пользователя практически становится неавтономной памятью прямого доступа очень большой емкости с соответствующими временными характеристиками.

Структурно-массовая память представляется в виде двухуровневой иерархии; автоматизированного хранилища и исполнительного буферного блока, который непосредственно связан с оперативной памятью машины. Информация в библиотеке хранится на отрезках магнитной ленты и по запросам через аппаратуру записи/воспроизведения передается на исполнительный уровень или снимается с него. Исполнительный уровень, параметрами которого определяются производительность, количество логических адресов, возможность виртуальной организации и другие показатели системы, выполняется на дисковых устройствах емкостью 100-200 Мбайт или на полупроводниковых блоках памяти. Большой интерес вызывают разработки оптомеханических внешних запоминающих устройств. Их создание стало возможным благодаря развитию лазерной техники. Оптомеханические внешние запоминающие устройства обладают рядом преимуществ по сравнению с электромеханическими, среди которых наиболее существенными являются высокая поверхностная плотность записи информации (порядка  $10^4$ — $10^5$  дв. знаков/мм<sup>2</sup>), высокая скорость передачи данных, большая информационная емкость устройства.

По методу записи информации оптомеханические внешние запоминающие устройства разделяются на две основные группы: дискретные ЗУ с побитовой записью и голографические ЗУ. Первые из них реализуются на носителях, выполненных в форме дисков или ограниченных участков ленты, вторые — с использованием ленточного носителя.

При реализации рассмотренных направлений развития внешней памяти, а также других решений по ее совершенствованию можно ожидать в ближайшие годы существенного улучшения характеристик ЭВМ.

#### 4.5. УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА И ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ

Одним из важнейших аспектов развития системы ввода-вывода, в значительной мере определяющим эффективное и разностороннее использование ЭВМ, являются расширение номенклатуры и улучшение параметров устройств ввода-вывода данных. Работа этих устройств поддерживается комплексом устройств подготовки данных, развитию которых также уделялось серьезное внимание.

Несмотря на то, что для ЕС ЭВМ-1 была разработана достаточно широкая номенклатура устройств ввода-вывода и подготовки данных, которые с успехом применяются и в ЕС ЭВМ-2, работы были продолжены как в направлении улучшения параметров ранее созданных устройств, так и в направлении создания новых.

Устройства ввода-вывода и подготовки данных развивались в следующих направлениях:

повышения скорости работы и надежности;

создания совмещенных и групповых устройств;

создания проблемно-ориентированных комплексов ввода-вывода

развития устройств подготовки данных, ориентированных на магнитные носители.

Ниже приведены наиболее важные характеристики основных устройств ввода-вывода, которые, с одной стороны, подтверждают отличительные черты устройств ЕС ЭВМ-2, а с другой — характеризуются новые возможности их применения.

Скорость работы и надежность устройств ввода-вывода (устройство ввода с перфокарт ЕС-6019 (СССР), алфавитно-цифровые печатающие устройства ЕС-7037 (СССР) и ЕС-7039 (ЧССР), машинки и печатающие механизмы ЕС-7076 (ПНР), ЕС-7181 (ЧССР), ЕС-7183 (ГДР), ЕС-7186 (ПНР) и ЕС-7188 (ПНР)), как правило, повысились благодаря применению новых принципов их работы.

В устройстве ЕС-6019 применены подача перфокарт узкой стороной в горизонтальной плоскости и вакуумная система подачи, благодаря чему скорость ввода перфокарт составила 1200 карт/мин. Считывание информации осуществляется с перфокарт, имеющих 45 и 80 колонок. Кроме того, при использовании вакуумной системы подачи в несколько раз увеличился коэффициент применения перфокарт.

Для ударных построчнопечатающих устройств начал применяться принцип ленточной или цепной печати, использующий сменные литеры.

Применение непрерывно перемещающегося шрифтоносителя цепного типа позволило увеличить скорость печати, обеспечить высокую ремонтоспособность за счет удобной и легкой смены как отдельных комплектов символов без дополнительной механической регулировки, так и всего шрифтоносителя и, кроме того, использовать перфорированную бумагу различных форматов.

Скорость печати устройства ЕС-7037 составляет 800—1000 строк/мин, количество разрядов в строке — 132; устройства ЕС-7039 — 1200 строк/мин, количество разрядов в строке — 160.

В основу печатающих устройств последовательного действия и их механизмов (ЕС-7076, ЕС-7181, ЕС-7183, ЕС-7186, ЕС-7188) заложен матричный точечный принцип, что обеспечивает скорость печати этих устройств 180, 150, 100, 180 знаков/с и 200 строк/мин соответственно.

Перфоленточные станции для ввода-вывода информации ЕС-7902 (ГДР и ЧССР) и ЕС-7903 (СССР), имеющие соответственно скорость считывания 1000 и 1500 знаков/с и скорость перфорации 100 и 150 знаков/с, разработаны вместо отдельных перфоленточных устройств ввода-вывода информации. Внедрение данных станций позволяет уменьшить стоимость оборудования, снизить потребляемую мощность и

повысить удобства эксплуатации.

Эффективное использование ЭВМ в режимах разделения времени возможно только при наличии средств диалогового общения человека с машиной. В связи с этим при разработке ЕС ЭВМ-2 большое внимание уделялось развитию групповых устройств ввода информации с экрана и вывода ее на экран электронно-лучевой трубки, позволяющих осуществить оперативную связь с ЭВМ.

В ЕС ЭВМ-2 к используемым средствам отображения алфавитно-цифровой информации ЕС-7061 и ЕС-7063 (ВНР), ЕС-7063 (ЧССР), ЕС-7064 и ЕС-7906 (СССР) добавились групповая дисплейная станция отображения алфавитно-цифровой информации ЕС-7920, в разработке которой принимали участие специалисты ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР, и дисплейное групповое устройство ввода-вывода графической информации ЕС-7905 (СССР).

Устройство ЕС-7920 предназначено для работы в качестве пультов оператора и средств отображения информации в различных режимах эксплуатации, для чего предусмотрено несколько модификаций:

- групповые локальные — ЕС-7920-00, ЕС-7920-01;
- групповые дистанционные — ЕС-7920-10, ЕС-7920-11;
- одионые дистанционные — ЕС-7920-20, ЕС-7920-21.

Групповые дисплейные станции ЕС-7920 обеспечивают взаимодействие большого числа операторов с ЭВМ как в непосредственной близости от машины, так и на большом расстоянии от нее (дистанционные). Групповые локальные устройства подключаются к ЭВМ непосредственно через селекторные, байт-мультиплексные и блок-мультиплексные каналы посредством устройства группового управления типа ЕС-7922-00(01). При этом периферийное оборудование устройства ЕС-7920, к которому относятся дисплеи типа ЕС-7927 и печатающие устройства типа ЕС-7934 (общим числом не более 32 устройств), могут подключаться к устройству группового управления на расстоянии до 1200 м.

Групповые дистанционные устройства ЕС-7920-10(11), содержащие то же самое периферийное оборудование и имеющие те же характеристики, подключаются к селекторным, байт-мультиплексным и блок-мультиплексным каналам ЭВМ через мультиплексор передачи данных, модемы и выделенные телефонные линии связи с помощью группового устройства управления типа ЕС-7921-00(01).

Одиночные дистанционные устройства ЕС-7920-20 (21), в состав которых входят дисплей ЕС-7925-00(01) и печатающее устройство ЕС-7934-02, подключаются к тем же каналам как непосредственно, так и через мультиплексор передачи данных в случае дистанционного использования.

Основные технические характеристики отдельных устройств дисплейной системы ЕС-7920 приведены в табл. 17.

Групповое устройство ЕС-7905 предназначено для ввода-вывода алфавитно-цифровой и графической информации в реальном масштабе времени при автоматизированном проектировании документации.

В состав устройства ЕС-7905 входят:

устройство группового управления ЕС-7565;

экранный пульт ЕС-7065, состоящий из дисплея и планшетного устройства для ввода графической информации с размером рабочего поля 400X400 мм.

К каждому групповому устройству управления ЕС-7565 подключается от двух до четырех экранных пультов ЕС-7065 на расстоянии не более 500 м. В табл. 18 приведены основные технические данные дисплея.

Проблемно-ориентированные комплексы, которые стали создаваться вместо отдельных двухкоординатных графических устройств, предоставляют широкие функциональные возможности ЭВМ Единой системы. Проблемно-ориентированные комплексы строятся

Таблица 17

Устройство	Шифр	Скорость обмена информацией	Код обмена	Емкость буфера, знаков	Формат экрана или формат печати	Потребляемая мощность, ВА	Масса, кг	Интерфейс связи
Групповое устройство управления	ЕС-7921-00	600, 1200, 2400, 4800, бит/с	КОИ-7	480	—	350	200	Стык С2
	ЕС-7921-01	600, 1200, 2400, 4800, бит/с	КОИ-7	1920	—	350	200	
	ЕС-7922-00	Не менее 250 Кбайт/с	ДКОИ	480	—	350	200	Ввода-вывода ЕС ЭВМ
	ЕС-7922-01	Не менее 250 Кбайт/с	ДКОИ	1920	—	350	200	
Дисплей	ЕС-7925-00	600, 1200, 2400, 4800, 9600, бит/с	КОИ-7	480	12 строк по 40 знаков	450	70	Стык С2
	ЕС-7925-01	600, 1200, 2400, 4800, 9600, бит/с	КОИ-7	1920	24 строки по 80 знаков	450	70	
	ЕС-7927-00	760—864, Кбит/с	КОИ-8	480	12 строк по 40 знаков	300	45	Последовательный 14-битовыми словами
	ЕС-7927-01	760—864, Кбит/с	КОИ-8	1920	24 строки по 80 знаков	300	45	
Печатающее устройство	ЕС-7934-00	Не менее 66 знаков/с	—	480	80 знаков	650	100	Параллельный для механизмов печати
	ЕС-7934-01	Не менее 66 знаков/с	—	1920	64 знака	650	100	
	ЕС-7934-02	Не менее 66 знаков/с	—	—	40 знаков	400	40	

Таблица 18

Характеристики	Параметры
Размер рабочего поля, мм	250×250
Количество адресуемых растровых единиц	1024×1024
Код знака	ДКОИ
Количество уровней яркости	2
Количество знаков в строке:	
основного размера	74
увеличенного размера	49
Количество строк для знаков:	
основного размера	52
увеличенного размера	35
Максимальное количество знаков на экране	2100

с применением мили-ЭВМ и функционируют как автономно, так и в составе моделей ЕС ЭВМ. В настоящее время разработаны четыре таких комплекса: ЕС-7907 (ЧССР), ЕС-7908 (СССР), ЕС-7941 (ЧССР) и ЕС-7942 (ЧССР). Первые два комплекса предназначены для ввода-вывода графической информации, вторые — соответственно для выполнения конструкторско-графических работ и работ производственно-технологического характера.

Дальнейшее развитие в ЕС ЭВМ-2 получили устройства подготовки данных. К таким устройствам относятся:

устройство подготовки данных на магнитной ленте ЕС-9004 (НРБ) с плотностью записи 32 строк/мм;

индивидуальные устройства подготовки данных на гибком магнитном диске ЕС-9111 и ЕС-9112 (ЧССР) на два и одно рабочее место;

устройство перезаписи данных с гибкого магнитного диска на магнитную ленту

шириной 12,7 мм ЕС-9113 (НРБ);

многопультная система подготовки данных ЕС-9003 (НРБ) на магнитной ленте с шестнадцатью пультами оператора;

кассетная система подготовки данных ЕС-9006 (ВНР) на магнитной ленте с восемью пультами оператора;

групповая система подготовки данных ЕС-9150 (ПНР) на магнитной ленте с количеством пультов оператора до 32.

Новые устройства этого класса ориентированы в основном на магнитные носители — стандартные и кассетные магнитные ленты и магнитные диски.

Отличительной особенностью ЕС ЭВМ-2 является построение на их основе разнообразных вычислительных систем, предоставляющих пользователю новые возможности и характеризующихся высокой эффективностью.

Прежде всего, к таким системам следует отнести системы с виртуальной организацией оперативной памяти.

В системах коллективного пользования ЕС ЭВМ обеспечивается программными и техническими средствами телеобработки данных (средствами для организации режима разделения времени процессора, местными и удаленными абонентскими пунктами с возможностью независимого доступа к ЭВМ, аппаратурой передачи данных, мультиплексорами передачи данных и т. д.).

Средства комплексирования, входящие в состав моделей для построения вычислительных систем, отвечают повышенным требованиям к производительности и надежности и осуществляют сопряжение ЭВМ на уровнях: общего поля оперативной памяти и общего поля внешней памяти.

В зависимости от уровня сопряжения ЭВМ, средств программного обеспечения и использования технических средств комплексирования различают два вида вычислительных систем: многопроцессорные и многомашинные.

### 5.1. МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ

Многопроцессорная система предполагает наличие двух или более процессоров, каждый из которых управляется общей операционной системой. Каждый из процессоров имеет доступ к общему полю оперативной памяти и доступ ко всем или части устройств ввода-вывода.

Комплексирование нескольких процессоров на уровне общей оперативной памяти обеспечивается средствами многопроцессорной работы или средствами мультипроцессорирования.

**Средства мультипроцессорирования** включают закрепленную за каждым процессором постоянно распределенную область в общем поле оперативной памяти, префиксацию, межпроцессорную сигнализацию и синхронизацию часов астрономического времени.

Структура и назначение полей постоянно распределенной области памяти рассмотрены в гл. 2.

**Префиксация.** Поскольку каждый из процессоров многопроцессорной системы имеет свою собственную постоянно распределенную область памяти, то эти области распределяются в пределах общего поля оперативной памяти с помощью аппаратного механизма префиксации, т. е. происходит смещение области памяти с адресами 0-4096 на величину префикса, присвоенного данному процессору.

Механизм преобразования адресов с помощью префикса позволяет обеспечить минимальное взаимное влияние процессоров, работающих с общим полем оперативной памяти.

Все адреса, подвергающиеся преобразованию посредством механизма префиксации, называются реальными. Адреса, не подвергающиеся этому преобразованию, а также все преобразованные, независимо от того, изменились они или нет, называются



абсолютными. В результате вычисления абсолютного адреса реальные адреса со значением от 0 до 4095 увеличиваются на величину, указанную в 12-разрядном регистре префикса. Для работы с префиксом в ЕС ЭВМ-2 предусмотрены две новые команды: УСТАНОВИТЬ ПРЕФИКС и ЗАПИСЬ В ПАМЯТЬ ПРЕФИКСА. При выполнении первой команды 12-разрядная величина, расположенная в разрядах 8—19 второго операнда, заносится в регистр префикса. При выполнении второй команды содержимое регистра префикса записывается по адресу второго операнда, который определяет 32-разрядную ячейку памяти. В этом случае в разряды 0—7 и 20—31 заносятся нули, а значение префикса помещается в разряды 8—19.

Префиксация осуществляется в режиме мультипроцессорирования, не зависит от режима управления и не изменяет адрес там, где он формируется. Изменение адреса с помощью префикса происходит в устройстве управления памятью непосредственно перед обращением. Для этих целей в устройстве управления памятью имеются схемы анализа поступающих адресов обращения к оперативной памяти, в результате работы которых адреса либо преобразуются (табл. 19), либо остаются неизменными.

Таблица 19

Разряды адреса памяти	Значение разрядов	Действия при преобразовании
8—19	Равны нулю	Заменяются префиксом
8—19	Равны префиксу	Заменяются нулями
8—19	Не все равны нулю и не равны префиксу	Не изменяются
20—31	Во всех случаях	Не изменяются

Сущность преобразования адресов памяти можно понять исходя из назначения префиксации — распределение постоянной прямоадресуемой области памяти каждого процессора в пределах общего поля оперативной памяти.

**Межпроцессорная сигнализация.** Кроме обмена большими объемами данных или их совместного использования в многопроцессорной системе, должна существовать непосредственная связь между процессорами для обмена управляющей информацией. Такая необходимость может возникнуть во многих случаях, например, если потребуется одному из процессоров запустить или приостановить другой процессор, а также остановить или прервать его работу. В ЕС ЭВМ-2 для организации связей по управляющей информации между процессорами, кроме команд ПРЯМОЕ ЧТЕНИЕ и ПРЯМАЯ ЗАПИСЬ, предусмотрена специальная команда СИГНАЛ ПРОЦЕССОРУ. Эта команда, формата *RS*, определяет адрес процессора, с которым необходимо осуществить связь, код вызываемого приказа и результат выполнения приказа.

Адрес процессора, с которым связываются, расположен в общем регистре. Номер этого регистра задан третьим операндом в поле  $R_3$  команды (см. рис. 2). Адрес каждого процессора постоянен и задается при монтаже специальной коммутацией предназначенных для этого управляющих цепей.

Вместо адреса второго операнда, заданного полями  $B_2$  и  $D_2$  команды, в разрядах 24—31 указаны коды приказов (табл. 20).

Таблица 20

Коды	Приказы	Назначение приказов
0000 0000	Не определен	
0000 0001	УТОЧНИТЬ СОСТОЯНИЕ	Получить информацию о состоянии вызываемого процессора
0000 0010	ВНЕШНИЙ ВЫЗОВ	Вызвать внешнее прерывание с признаком внешний вызов в адресуемом процессоре. При прерывании записываются код и адрес процессора, пославшего сигнал
0000 0011	ЭКСТРЕННЫЙ СИГНАЛ	Вызвать внешнее прерывание с признаком экстренный сигнал в адресуемом процессоре

Коды	Приказы	Назначение приказов
0000 0100	ПУСК	Перевести адресуемый процессор в состояние работы
0000 0101	СТОП	Перевести адресуемый процессор в состояние стоп
0000 0110	ПОВТОРНЫЙ ПУСК	Осуществить повторный пуск адресуемого процессора
0000 0110	НАЧАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ СБРОС	Осуществить начальный программный сброс в адресуемом процессоре, т. е. сброс процессора, всех каналов
0001 1000	ПРОГРАММНЫЙ СБРОС	Осуществить программный сброс в адресуемом процессоре, т. е. сброс процессора и каналов. Отличается от предыдущего тем, что в этом случае должна быть сброшена другая управляющая информация
0001 0000	ОСТАНОВИТЬ И ЗАПИСАТЬ СОСТОЯНИЕ	Перевести адресуемый процессор в состояние стоп и после этого записать состояние
0010 0000	НАЧАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА МИКРОПРОГРАММ	сброс и после этого инициализировать начальную загрузку микропрограмм, если она предусмотрена в модели
0011 0000	НАЧАЛЬНЫЙ СБРОС ПРОЦЕССОРА	Осуществить начальный сброс адресуемого процессора а
0100 0000	СБРОС ПРОЦЕССОРА	Осуществить сброс адресуемого процессора. От предыдущего отличается информацией, которая должна быть сброшена
0101 0000— 1111 1111	Не определены	

В ответ на приказ УТОЧНИТЬ СОСТОЯНИЕ адресуемый процессор выдает информацию о своем состоянии, записываемую в общий регистр, номер которого определен полем  $R_1$  команды СИГНАЛ ПРОЦЕССОРУ. Признаки состояния и соответствующие им разряды регистра, в который они заносятся, приведены в табл. 21.

Т а б л и ц а 21

Разряды регистра	Признаки состояния	Назначение
0	Сбой оборудования	Неисправность адресуемого процессора, которая влияет на выполнение только этой команды
1—23	Не определены (нули)	
24	Ждет внешний вызов	Адресуемый процессор еще не отложил обработку прерывания с признаком внешний вызов из-за обработки ранее выданной команды СИГНАЛ ПРОЦЕССОРУ
25	Стоп	Адресуемый процессор находится в состоянии стоп
26	Вмешательство оператора	На адресуемом процессоре производятся операции с пульта
27	Стоп при сбое	Адресуемый процессор находится в состоянии стоп при сбое
28	Не готов	В адресуемом процессоре не загружена необходимая микропрограмма
29	Не определен (нуль)	
30	Недействительный приказ	Адресуемый процессор принял неопределенный приказ или приказ не реализован
31	Сбой в принимающем процессоре	Неисправность адресуемого процессора, которая, возможно, повлияла на формирование других признаков состояния

Принятие или непринятие приказа в адресуемом процессоре по команде СИГНАЛ ПРОЦЕССОРУ подтверждается записью соответствующего кода признака результата и признака состояния в процессор, пославший приказ.

**Синхронизация часов.** Каждый процессор в многопроцессорной системе может иметь свои часы астрономического времени и также возможно наличие одних часов

для всех процессоров. В любом случае процессор использует только одни часы. Если в системе находится несколько часов, то необходима их синхронизация для того, чтобы все программы получили одно и то же показание времени.

Эти функции выполняют средства синхронизации часов.

**Средства синхронизации часов** совместно с супервизором операционной системы обеспечивают в многопроцессорном режиме такое состояние, при котором, независимо от того, используются часы в одном или нескольких процессорах, показания астрономических часов воспринимаются так, как если бы использовались единые часы. Работа их заключается в том, что они одновременно изменяют содержимое младших разрядов всех часов. Кроме того, они обеспечивают запуск одних часов от других. Рассинхронизация часов рассматривается как нарушение работы многопроцессорной системы и вызывает внешнее прерывание.

Рассмотренные средства мультипроцессорирования определены принципами работы ЕС ЭВМ-2 и предполагают возможность организации многопроцессорной работы. Для реализации этой возможности в каждой конкретной модели необходимо предусмотреть аппаратуру, обеспечивающую доступ одного процессора в оперативную память другого, и наоборот, т. е. доступ каждого процессора к общей полю оперативной памяти. Организация этого доступа различна и конкретная реализация его во многом определяет эффективность работы многопроцессорной системы. В настоящее время по топологии связей между основными ресурсами известно несколько типов организации многопроцессорных систем. Основными из них являются:

- системы с общей шиной;
- системы с перекрестной коммутацией;
- многоходовые системы.

В основе организации многопроцессорных систем с общей шиной лежит принцип подключения всех ресурсов системы через общую шину. Передача информации между процессорами, каналами ввода-вывода и независимыми блоками оперативной памяти происходит по общей шине с разделением во времени.

Такая организация отличается простотой реализации, гибкостью, удобством наращивания дополнительных ресурсов, унификацией, несложностью интерфейсов отдельных устройств и низкой стоимостью оборудования коммутации. Кроме того, благодаря разделению передач во времени по существу решается вопрос с конфликтностью и защитой информации, поскольку каждое устройство монополизует шину от начала до конца передачи.

В то же время такие системы имеют ряд недостатков и в первую очередь к ним относятся большая временная задержка передачи информации и относительно низкая надежность системы.

Задержка в передаче информации увеличивается с повышением нагрузки, т. е. с подключением дополнительных устройств, и связана с тем, что передачи ведутся последовательно во времени и требуется дополнительное время на распознавание устройства, устанавливающего связь, и на организацию связи. Низкая надежность системы по сравнению с надежностью систем другого типа объясняется тем, что работа общей шины обеспечивается одним блоком управления.

Следует отметить, что указанные параметры могут быть улучшены путем разделения общей шины на две или больше, такие системы уже появились в практике проектирования.

Организация систем с перекрестной коммутацией базируется на коммутирующей матрице с пространственным разделением, позволяющей соединить односторонние устройства друг с другом в любой комбинации. Скорость передачи в такой системе выше, чем у системы с общей шиной, поскольку возможен доступ к памяти со стороны процессоров по нескольким путям. Гибкость системы с перекрестной коммутацией несколько ниже, чем у систем с общей шиной, но все же такая система обладает

достаточно большой степенью наращивания, которая определяется объемом оборудования коммутирующей матрицы. Устройство коммутирующей матрицы отделено функционально от основного оборудования и может применяться для сопряжения каналов ввода-вывода с тем процессором, которому в данный момент необходимо связаться с периферийным оборудованием. Конфликты, возникающие между процессорами при обращении в оперативную память, разрешаются специальной аппаратурой, расположенной в коммутирующей матрице. Следует также отметить относительно высокую функциональную сложность и стоимость оборудования коммутации рассматриваемой системы. Объем аппаратуры коммутирующей матрицы для организации работы порядка десяти процессоров с общим полем оперативной памяти соизмерим с объемом оборудования одного процессора.

Многовходовые многопроцессорные системы для своей организации используют устройства оперативной памяти со многими входами или устройства межпроцессорной связи, позволяющие расширить число входов в память. Как и предыдущая система, многовходовые многопроцессорные системы имеют высокую скорость передачи данных и высокую надежность за счет возможности организации нескольких путей доступа к оперативной памяти. Кроме того, оборудование коммутации имеет меньший объем, а, следовательно, и более низкую стоимость. В то же время возможность наращивания в рассматриваемой системе ограничена числом входов в оперативную память.

Выбор той или иной организации многопроцессорных систем определяется как их назначением, так и структурой составляющих устройств, особенно процессора.

Архитектура ЕС ЭВМ рассчитана как на создание универсальных массовых и экономичных однопроцессорных моделей, так и на построение многопроцессорных систем, сохраняющих указанные качества. Логическая структура процессора, каналов и оперативной памяти Единой системы позволяет организовать, как правило, многовходовые многопроцессорные системы и системы с перекрестной коммутацией. Такие системы могут быть построены, например, на базе моделей ЕС-1035, ЕС-1045, ЕС-1060 и ЕС-1065.

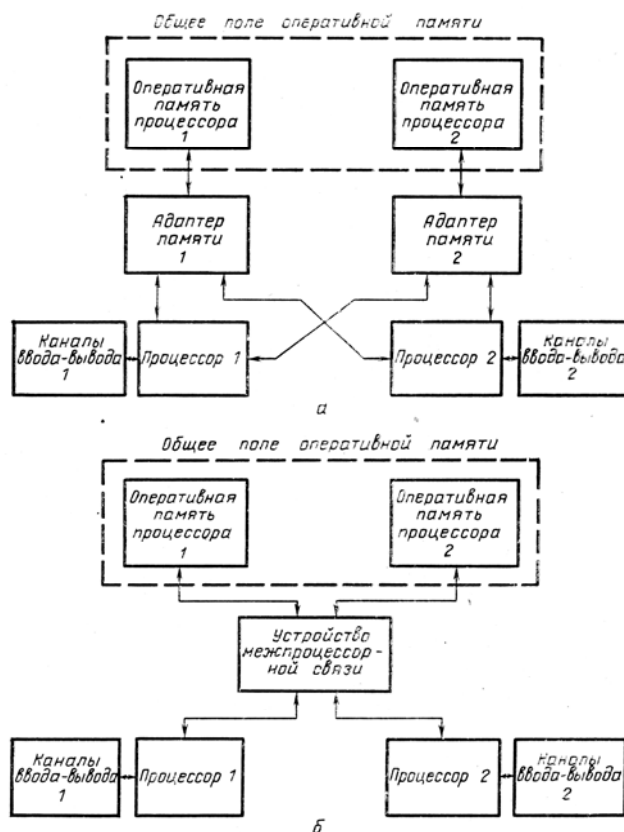


Рис. 28. Двухпроцессорная система с общим полем оперативной памяти

В ЭВМ ЕС-1015 используется общая шина и допускается построение многопроцессорной системы с разрешением передачи информации по этой шине с разделением по времени.

Две возможные схемы двухпроцессорной системы с общим полем оперативной памяти на базе моделей ЕС ЭВМ показаны на рис. 28.

На первой схеме (а) показана многовходовая многопроцессорная система, в которой для коммутации шин данных используются многовходовые адаптеры памяти. Физически адаптеры памяти могут быть размещены как в устройстве оперативной памяти, так и в процессоре. В обоих случаях они выполняют одну и ту же роль — расширяют число входов в оперативную память и разрешают конфликты между процессорами при обращении к ней.

На второй схеме (б) приведена многопроцессорная система, в которой для связи процессоров с оперативной памятью используется устройство межпроцессорной связи (УМС). Это функционально-независимое устройство может быть реализовано как в виде адаптера, расширяющего число входов в оперативную память, так и в виде коммутирующей матрицы. Устройство межпроцессорной связи обеспечивает большую гибкость системы и в то же время позволяет освободить ЭВМ от лишнего оборудования в случае ее применения в однопроцессорном варианте.

Логическая структура процессора накладывает определенные требования к организации управления передачей данных в многопроцессорной системе. В процессорах ЕС ЭВМ-2 особо жесткие требования предъявляет буферная память, память ключей защиты и аппаратуры динамической переадресации при организации виртуальной памяти. Наличие этих средств, расположенных в устройстве управления памятью, требует обмена управляющими сигналами между двумя процессорами, по которым выполняются определенные действия в устройстве управления памятью одного процессора по инициативе другого. К таким действиям относятся: установка недействительности данных в буферной памяти; выполнение операций с ключами памяти;

установка недействительности информации в буфере быстрой переадресации (буфере-трансляторе).

Поскольку в многопроцессорной системе оперативная память общая и буферная память каждого процессора содержит данные, которые являются копией данных некоторых областей оперативной памяти, то при изменении данных в этих областях одним процессором необходимо аннулировать данные в буферной памяти другого процессора. Эти действия выполняются аналогично действиям по установке недействительности данных в буферной памяти при записи данных в оперативную память каналами ввода-вывода в однопроцессорной системе (см. п. 3.2).

Ключи защиты оперативной памяти могут быть расположены как в самом устройстве памяти, так и в процессоре. В первом случае особых сложностей организации работы с ключами защиты в многопроцессорной системе не возникает. Но достаточно часто организация структуры ЭВМ требует размещения памяти ключей защиты в процессоре. В этом случае при организации многопроцессорной системы операции с ключами памяти: **УСТАНОВИТЬ КЛЮЧ ПАМЯТИ**, **ПРОЧИТАТЬ КЛЮЧ ПАМЯТИ** и **СБРОСИТЬ РАЗРЯД ОБРАЩЕНИЯ** — должны выполняться во всех процессорах. При выполнении этих режимов необходимо осуществлять обмен реальными адресами, ключами защиты памяти и признаками операций между всеми процессорами.

Для ускорения режима трансляции виртуального (логического) адреса в реальный адрес в процессоре используется буфер быстрой переадресации. Каждая ячейка буфера транслятора содержит логический адрес страницы, соответствующий ему реальный адрес страницы и ключ защиты памяти этой страницы. Полная трансляция (с использованием таблиц) происходит только при первом обращении в какую-либо страницу, и результат трансляции помещается в буфер транслятора. Последующие

обращения в эту же страницу не требуют полной трансляции, поскольку реальный адрес для соответствующего логического адреса и ключ защиты памяти могут быть выбраны из буфера транслятора.

В многопроцессорной системе, если в одном из процессоров изменяется строка таблицы страниц или изменяется ключ защиты памяти какой-либо страницы, то информация в соответствующей ячейке буфера транслятора, в которой находится реальный адрес этой страницы, должна быть аннулирована во всех процессорах. Для этих целей также должен быть организован обмен управляющими сигналами между всеми процессорами.

Емкость общей оперативной памяти в многопроцессорных системах на базе моделей Единой системы имеет переменное значение, но не более 16 Мбайт. Кроме того, она должна иметь возможность изменяться в случае выхода из строя какого-либо логического блока памяти. Для задания требуемой емкости общей памяти и для реконфигурации памяти в случае неисправности одного из блоков в пультах управления ЭВМ или в специальных пультах многопроцессорной системы предусмотрены нужные органы управления.

Таким образом, рассмотренные средства мультипроцессорирования и аппаратные средства организации общего поля оперативной памяти в совокупности с операционной системой позволяют на базе моделей ЕС ЭВМ строить многопроцессорные системы с эффективной организацией.

## 5.2. МНОГОМАШИННЫЕ СИСТЕМЫ

Многомашинные системы представляют собой в основном двухмашинные вычислительные комплексы (ВК) на базе серийных ЭВМ, которые объединены для совместной работы одним или несколькими средствами комплексирования. Многомашинные системы в отличие от многопроцессорных не имеют общего поля оперативной памяти и каждая ЭВМ, входящая в комплекс, управляется собственной операционной системой.

Вычислительные комплексы предназначены для решения широкого круга информационных, расчетных и управленческих задач в режимах мультипрограммной пакетной обработки, реального масштаба времени и коллективного использования по каналам связи. Они применяются в качестве центрального звена обработки данных в верхних уровнях автоматизированных систем управления, а также системах сбора, хранения и обработки больших массивов информации.

В настоящее время в рамках ЕС ЭВМ известны такие вычислительные комплексы, как ВК-1033, ВК-2Р-35, ВК-2Р-45, ВК-2Р-60, построенные соответственно на базе ЭВМ ЕС-1033, ЕС-1035, ЕС-1045, ЕС-1060.

**Конфигурация вычислительного комплекса.** Каждый из указанных выше вычислительных комплексов в соответствии с назначением имеет свой состав оборудования и использует различные средства комплексирования, но, тем не менее, все они построены по одному принципу, который позволяет выделить обобщенную конфигурацию вычислительного комплекса на базе моделей ЕС ЭВМ (рис. 29).

Каждая ЭВМ вычислительного комплекса содержит центральный процессор (ЦП), оперативную память (ОП), один или несколько байт-мультиплексных каналов (МК), группу селекторных или блок-мультиплексных каналов, набор устройств ввода-вывода (УВВ), связанных с мультиплексным каналом через логический ретранслятор (РТЛ), набор внешних запоминающих устройств и набор адаптеров канал — канал (АКК). Каждая линейка внешних запоминающих устройств состоит из устройства управления и группы обслуживаемых им накопителей.

Непосредственная связь процессоров осуществляется через устройство управления вычислительным комплексом (УУВК), а связь устройств оперативной памяти ЭВМ1 и ЭВМ2 — через цепочки: канал ввода-вывода ЭВМ1, адаптер канал — канал, канал ввода-вывода ЭВМ2, и наоборот.

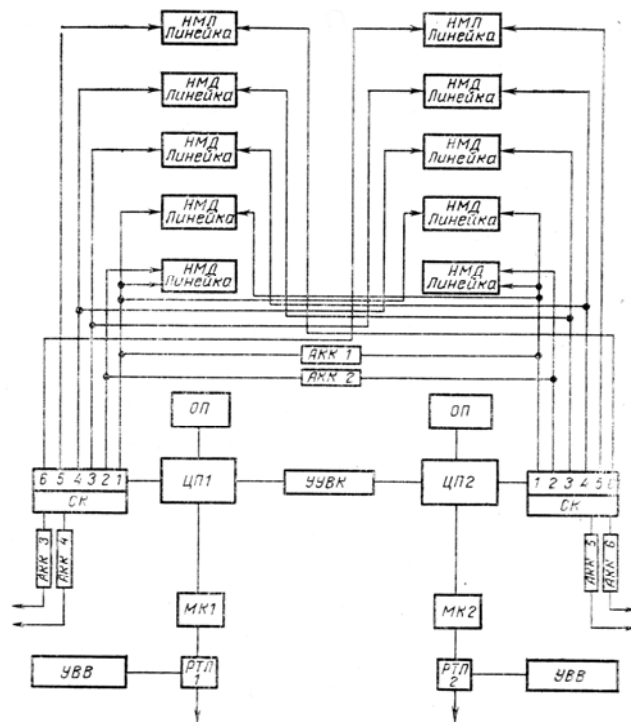


Рис. 29. Обобщенная конфигурация ВК на базе моделей ЕС ЭВМ

В конфигурации ВК можно выделить собственные ВЗУ с доступом только от одной ЭВМ, и ВЗУ с доступом от обеих ЭВМ ВК, образующие общее поле ВЗУ. На рис. 29 общее поле ВЗУ образует группа линеек накопителей на магнитных дисках и линейка накопителей на магнитных лентах в каждой ЭВМ. При этом две линейки из группы общих накопителей на магнитных дисках каждой ЭВМ служат для альтернативного доступа со стороны разноименных и одна линейка — для альтернативного доступа со стороны одноименных селекторных каналов обеих ЭВМ.

Обычно собственные ВЗУ предназначены для хранения операционной системы, а также программ, часто используемых и наиболее важных для работы каждой ЭВМ. Общие ВЗУ служат для хранения входного пакета заданий и файлов данных, содержащих как информацию общего пользования, так и информацию, необходимую для организации взаимодействия обеих ЭВМ ВК и резервирования с целью замены ЭВМ, вышедшей из строя.

Одна группа адаптеров канал — канал служит для межмашинной связи внутри ВК, осуществляемой через интерфейс ввода-вывода одноименных каналов каждой ЭВМ, а две другие группы адаптеров обеспечивают связь соответственно первой и второй ЭВМ с другими аналогичными ВК.

Подобное построение многомашинных систем вызвано необходимостью выполнения основных требований к таким системам — обеспечение непрерывного функционирования ВК с высокой надежностью. Комплексование ЭВМ повышает надежность ВК не только за счет резервирования основного оборудования, позволяющего переключать ЭВМ при отказах, но и за счет дублирования хранения наиболее важной информации в памяти ЭВМ и на совместно используемых обеими ЭВМ накопителях на дисках и лентах. Кроме того, комплексование ЭВМ позволяет достичь более высокой производительности, чем производительность одной ЭВМ в том случае, если комплекс функционирует в режиме распределения задач.

Системная производительность каждой отдельной ЭВМ ВК является функцией загрузки процессора, которая определяется объемом оперативной памяти и числом каналов ввода-вывода. Структура ВК позволяет иметь для каждой ЭВМ наибольший объем оперативной памяти и максимальное число каналов ввода-вывода, определенные для конкретной модели. Этим достигаются высокий уровень

мультипрограммирования, высокая степень реактивности операционной системы и увеличение степени совмещения операций ввода-вывода для различных программ в различных каналах ввода-вывода. Как следствие, значительно возрастает число программ, готовых к обработке процессором, в результате чего повышаются его загрузка и производительность ЭВМ.

Большие объемы обрабатываемых данных и требования к времени решения задач в АСУ определили наличие в ВК внешней памяти значительной емкости и достаточно высокого быстродействия. Архитектура ЕС ЭВМ позволяет решать эту проблему, как подключением накопителей большей емкости, так и увеличением общего числа накопителей.

**Средства комплексирования ВК.** Выполнение основного требования к ВК — обеспечение высокой надежности работы — накладывает ряд дополнительных требований к организации структуры и составу оборудования ВК.

Так, для непрерывного функционирования ВК при выходе из строя основной ЭВМ, решающей главную задачу комплекса, должна быть предусмотрена возможность ее замены резервной, которая, будучи включенной, не несет нагрузки, а только «отслеживает» работу основной ЭВМ.

Во время работы комплекса потеря входных сообщений, промежуточных результатов и состояний недопустима. Для предотвращения этого необходимо, чтобы ведомая ЭВМ могла взять на себя часть нагрузки ведущей ЭВМ, т. е. обе ЭВМ должны иметь возможность решать некоторую общую задачу, обмениваясь результатами вычислений и управляющей информацией.

Требование предотвращения влияния на работу ВК неисправной ЭВМ, ее восстановление без прерывания работы ВК или проведение регламентно-профилактических работ, а также наличие задач, которые должны решаться одновременно и независимо на каждой ЭВМ ВК, диктует необходимость разделения в этих случаях комплекса на две самостоятельные ЭВМ.

Для удовлетворения перечисленным требованиям ВК должен реализовать режим «горячего» резервирования, распределения задач и независимого функционирования, причем задание режимов и переход из одного в другой должны осуществляться как программным путем с целью достижения наибольшей эффективности, так и ручным способом. Последний необходим для экстренной смены режимов по решению оператора ВК, например, в случае такого отказа ЭВМ ВК, когда она не может не только изменить режим работы ВК, но и не способна сообщить о своем состоянии другой ЭВМ.

Для реализации ручного управления режимами ВК в составе ВК должно быть предусмотрено устройство управления вычислительным комплексом, которое встроено в магистраль обмена кодами управляющей информации и снабжено органами управления режимами и индикаторами, фиксирующими состояние ВК в целом и каждой ЭВМ в отдельности.

При объединении ЭВМ в комплекс обязательным требованием является обеспечение средств для межмашинного обмена. Смена режимов должна осуществляться передачей по некоторой магистрали управляющего кода от ЭВМ, являющейся ведущей, к другой машине комплекса и соответствующей реакции последней.

Нередки случаи обмена между ЭВМ ВК не только кодами, но и массивами управляющей информации. Такая необходимость возникает, например, при переходе из режима распределения задач или независимого функционирования в режим «горячего» резервирования. Для этого в ВК должна обеспечиваться возможность быстрого обмена значительными порциями информации.

Режимы «горячего» резервирования и распределения задач требуют, чтобы обе ЭВМ ВК обращались к одним и тем же программам и массивам данных, размещенным на некотором общем ВЗУ. Поэтому в ВК следует предусматривать средства,



обеспечивающие свободный доступ к части ВЗУ со стороны каждой ЭВМ комплекса.

Большинству перечисленных требований удовлетворяют средства, позволяющие объединить две ЭВМ Единой системы на уровне процессоров — по прямому управлению, на уровне внешних ЗУ — с помощью двухканального переключателя, и на уровне каналов ввода-вывода с использованием адаптера канал — канал, причем каждый уровень комплексирования работает под управлением соответствующих программных средств.

Средства прямого управления обеспечивают быструю связь через стандартный интерфейс прямого управления между центральными процессорами с помощью специальных команд ПРЯМАЯ ЗАПИСЬ и ПРЯМОЕ ЧТЕНИЕ, а также механизма внешних прерываний. Средства прямого управления используются для быстрого обмена небольшими порциями данных, представляющих обычно управляющую или синхронизирующую информацию.

Адаптер канал — канал подключается к двум каналам ввода-вывода, используя стандартное сопряжение ввода-вывода ЕС ЭВМ. Он предназначен для обмена управляющей информацией, но основное его назначение — обмен массивами данных со скоростью, близкой к скорости работы каналов.

Физически устройство адаптер канал — канал может быть, как интегрировано в каналы ввода-вывода (ЕС-4060 в ЕС ЭВМ-1), так и представлять конструктивно автономное устройство. К последним относится устройство ЕС-4061, применяемое в ЕС ЭВМ-2 и содержащее два функционально-независимых адаптера.

Адаптер канал — канал устройства ЕС-4061 работает в монопольном режиме с максимальной пропускной способностью порядка 1 Мбайт/с. Для каждого из каналов ввода-вывода адаптер, соединенный с ним, реагирует на запросы канала, принимает и расшифровывает команды канала так же, как любое устройство управления периферийным оборудованием, но отличается от него тем, что эти команды использует для обеспечения связи между каналами и синхронизации их работы. Таким образом, при связи двух ЭВМ с помощью адаптера канал — канал любая из ЭВМ рассматривается как внешнее устройство по отношению к другой. Функционально адаптер состоит из двух блоков управления обменом, связанных между собой сигнальными линиями.

Адаптер канал — канал ЕС-4061 в отличие от ЕС-4060 может работать в двух режимах: в режиме совместимости, т. е. в режиме ЕС ЭВМ-1, и в расширенном режиме — в режиме ЕС ЭВМ-2. В последнем режиме ЕС-4061 имеет некоторые особенности по сравнению с ЕС-4060:

вводятся новые команды: МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ХОЛОСТОЙ ХОД, УТОЧНИТЬ БАЙТ СОСТОЯНИЯ, ЗАПИСАТЬ КОНЕЦ ФАЙЛА;

вводится байт уточненного состояния, что позволяет конкретизировать характер сбойной ситуации, имевшей место в адаптере:

в байте состояния вводятся дополнительные индикаторы СБОЙ АДАПТЕРА и ОСОБЫЙ СЛУЧАЙ;

осуществляется обязательная обработка условия прерывания по индикатору ВНИМАНИЕ, что предотвращает обмен информацией при случайном согласовании команд;

вводится состояние НЕ ГОТОВ, используемое для оповещения канала о неготовности адаптера к работе.

Двухканальные переключатели дают возможность подключить одно устройство управления ВЗУ к двум каналам различных ЭВМ, образуя тем самым общее поле внешней памяти на подключенных к ним накопителях. Взаимное влияние ЭВМ при обращении к ВЗУ, принадлежащему общему полю внешней памяти, исключается путем резервирования устройства на время его работы с данным каналом и освобождения его после завершения работы с каналом.

Для устройств управления накопителями на магнитных дисках и накопителями на

магнитных лентах уровни резервирования устройств различны. Команда ЗАРЕЗЕРВИРОВАТЬ УСТРОЙСТВО для устройств управления накопителями на магнитных дисках резервирует один из подключенных к нему накопителей, а для устройств управления накопителями на магнитных лентах резервирует само устройство управления, т. е. резервируются все накопители, подключенные к данному устройству управления. Для освобождения зарезервированных устройств предназначена команда ОСВОБОДИТЬ УСТРОЙСТВО.

При объединении вычислительных машин в комплекс возникает задача создания средств централизованного управления, необходимых для организации оперативного управления вычислительным комплексом с целью наиболее полного использования его ресурсов и увеличения готовности ВК. При создании средств централизованного управления оказывается рациональным выбор компромиссного решения между программными и аппаратными способами их реализации. Устройство управления вычислительным комплексом представляет собой аппаратные средства централизованного управления, дополняющие и расширяющие соответствующие программные средства управления.

Устройство управления вычислительным комплексом предназначено для задания режимов работы ВК, индикации его состояния и выполнения функций пультов оператора обеих ЭВМ, входящих в состав ВК. Оно обеспечивает выполнение следующих функций:

- ручное переключение вычислительного комплекса в требуемый режим работы;
- задание функциональных состояний каждой из ЭВМ, входящих в комплекс;
- прием из ЭВМ и передачу в ЭВМ функциональных состояний ЭВМ;
- индикацию режимов работы комплекса;
- индикацию функционального состояния каждой ЭВМ комплекса;
- автоматическую звуковую и световую сигнализацию в случае неисправности хотя бы одной ЭВМ ВК либо при аварийном отключении электропитания при неисправности электропитания любой ЭВМ и самого устройства управления;
- включение и выключение питания ЭВМ;
- индикацию состояния электропитания;
- индикацию состояния процессора;
- начальную загрузку программы;
- внешнее прерывание программы.

Устройство управления вычислительным комплексом подключается к двум процессорам через стандартный интерфейс прямого управления и представляет собой конструктивно самостоятельное устройство.

**Режимы работы ВК.** Очевидно, что режимы работы ВК определяются в зависимости от большого числа факторов: ограничения на время решения задач, требуемой достоверности результатов их решения, текущего состояния технических средств ВК и других условий функционирования. При этом содержательный смысл режимов работы ВК и функциональных состояний ЭВМ определяется спецификой

Т а б л и ц а 22

Режимы	Функциональное состояние	
	ЭВМ1	ЭВМ2
1	Рабочая	Дублирующая
	Дублирующая	Рабочая
2	Рабочая	Параллельная
	Параллельная	Рабочая
3	Рабочая	Вспомогательная
	Вспомогательная	Рабочая
4	Независимая	Независимая
5	Рабочая	Резервная
	Резервная	Рабочая
6	Независимая	Рабочая
	Рабочая	Независимая

АСУ, в которой используется ВК. Точно так же специфика АСУ учитывается в конкретной интерпретации управляющих сигналов и сигналов реакции на них, которые формируются программным путем или с помощью органов управления устройства управления вычислительным комплексом и передаются между ЭВМ или в обе ЭВМ при необходимости изменения функционального состояния ВК. В табл. 22 приведены все возможные режимы работы ВК и дана самая общая характеристика этих режимов.

**Режим 1.** Применяется в том случае, когда динамика задач управления требует оперативного подключения резервной ЭВМ и сохранения предыстории управления. В этом случае обе ЭВМ ВК выполняют одну и ту же работу, однако результаты работы резервной машины не выдаются (блокированы), а используются лишь для контрольного сравнения. Подключение резервной машины состоит в блокировке рабочей ЭВМ и разблокировке выхода дублирующей машины.

**Режим 2.** Используется для преодоления перегрузок рабочей ЭВМ, которые могут возникнуть, например, при таком изменении алгоритмов управления, при котором время обработки некоторых задач рабочей ЭВМ увеличится.

Рабочая ЭВМ может вести учет своей загруженности, например, подсчитывает количество заданий, стоящих в очереди на обработку. При достижении некоторой критической загруженности резервная ЭВМ подготавливается к режиму параллельной работы. С наступлением перегрузки резервная ЭВМ берет на себя часть нагрузки рабочей ЭВМ, работая с ней параллельно, а после преодоления перегрузки может перейти, например, в режим дублирования.

**Режим 3.** В этом режиме обе ЭВМ решают задачи управления, однако рабочая ЭВМ решает главные, основные задачи АСУ, а резервная ЭВМ обрабатывает задачи управления вспомогательного характера, например, осуществляет некоторую предварительную обработку заданий.

**Режим 4.** В этом режиме ВК, по существу, распадается на две отдельные, независимые ЭВМ, работающие по совершенно различным программам и ведущие обработку индивидуальных задач.

**Режим 5.** В этом режиме рабочая ЭВМ решает все задачи АСУ, а резервная ЭВМ может находиться либо в режиме ожидания, либо в режиме тестового контроля.

**Режим 6.** В этом режиме одна ЭВМ ВК (рабочая) проводит отработку всех задач АСУ, а вторая решает задачи, не связанные с управлением.

Во всех режимах работы комплекса предусматривается возможность перевода одной из ЭВМ ВК в состояние профилактики или ремонта.

Функциональная возможность режимов работы ВК в значительной степени определяется как возможностями операционной системы каждой ЭВМ, так и возможностями программного обеспечения, разработанного для конкретной АСУ.

В ЕС ЭВМ-2 для обеспечения режимов работы ВК операционная система включает средства комплексирования, обеспечивающие:

- программное управление средствами прямого управления;
  - программное управление работой адаптера канал — канал;
  - программное управление общим полем внешней памяти на магнитных дисках;
  - программное управление общим полем внешней памяти на магнитных лентах.
- Указанные программные средства подробно рассмотрены в гл. 7.

### 5.3. АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ТЕЛЕОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Одним из наиболее эффективных способов удовлетворения системных требований пользователя в настоящее время является разработка и применение средств дистанционной обработки данных. Современное развитие информационно-вычислительных систем и систем управления характеризуется широким использованием телеобработки данных. Увеличивается число систем автоматизированной обработки данных, в которых телеобработка является основным

звеном работы с данными.

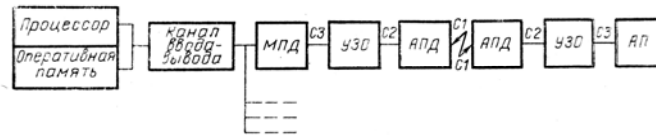


Рис. 30. Схема телеобработки данных ЕС ЭВМ:

МПД — мультиплексор передачи данных; УЗО — устройство защиты от ошибок;  
АПД — аппаратура передачи данных; АП — абонентский пункт; С1—С3 —  
интерфейсы стыка

В программе ЕС ЭВМ одной из центральных проблем является проблема создания технических и программных средств систем и сетей телеобработки данных, обеспечивающих возможности распределенной обработки. Следует отметить, что модульная структура ЕС ЭВМ, наличие интерфейсов на различных функциональных и конструктивных уровнях обеспечивают необходимые предпосылки для создания систем различного назначения, в первую очередь систем коллективного пользования с развитой сетью удаленных абонентских пунктов и систем межмашинного обмена данными.

В широком смысле средства телеобработки данных (СТД) с помощью ЭВМ включают:

- собственно технические средства телеобработки (мультиплексоры передачи данных, аппаратуру передачи данных, абонентские пункты);
- системы связи (телефонные и телеграфные каналы, радиорелейные линии и др.);
- программное обеспечение.

Настоящий раздел посвящен аппаратной части СТД, программное обеспечение описано в гл. 7.

На рис. 30 показана основная схема системы телеобработки данных, принятая в ЕС ЭВМ. Мультиплексор передачи данных (МПД), подключаемый к каналу ввода-вывода, как правило, мультиплексному через стандартный интерфейс, управляет передачей и частичной обработкой информации от ЭВМ на абонентские пункты и обратно. Если уровень обработки передаваемой информации возрастает, то МПД переходит в ранг процессора телеобработки данных (ПТД). ПТД позволяет снизить нагрузку на центральный процессор ЭВМ. Примером ПТД в ЕС ЭВМ может служить связной процессор ЕС-8371 (ПНР, НРБ).

Аппаратура передачи данных (АПД) предназначена для сопряжения логических дискретных устройств — мультиплексоров передачи данных и абонентских пунктов с каналами связи.

Абонентские пункты (АП) передают ЭВМ и получают от нее информацию. Если АП проводят предварительную обработку получаемых и передаваемых данных, то это так называемые «интеллектуальные» АП, терминалы.

Логические каналы связи подразделяются на коммутируемые и выделенные. К последним относятся и физические линии, обеспечивающие региональную передачу данных.

Для выделенных каналов связи осуществляется постоянная электрическая связь ЭВМ и абонентских пунктов. Коммутируемая связь подразумевает, что и ЭВМ, и АП являются абонентами некоторой коммутируемой системы связи (например, телефонной). Для установления связи либо ЭВМ, либо АП должны выдать в систему связи требуемый адрес (номер) вызываемого абонента.

Под физической линией связи подразумевается проводная, кабельная связь ЭВМ — АП без использования общегосударственных (и ведомственных) телефонно-телеграфных каналов связи. Физические линии действуют, как правило, в пределах какого-либо региона.

Если один канал связывает ЭВМ с одним АП, то такая связь называется

одноточечной. Один канал может связывать ЭВМ и с несколькими АП — так называемая многоточечная связь, при которой возможен обмен АП — АП без использования канала связи.

Различают три режима передачи информации по каналам связи:  
симплексный (передача только в одном направлении);  
полудуплексный (попеременная передача в двух направлениях);  
дуплексный (одновременная передача в двух направлениях).

Имеется еще специальный режим передачи, когда при полудуплексном режиме передачи данных одновременно по обратному каналу передается (со скоростью 75 бит/с) служебная информация.

Достоверность передачи информации по каналам связи составляет порядка  $10^{-3}$ . Поэтому в системе телеобработки данных, как на аппаратном, так и на программном уровнях осуществляются эффективный контроль и восстановление передаваемой информации. Основным методом получения правильной информации является метод повторной передачи при обнаружении ошибки. Для обнаружения ошибки используются различные виды аппаратного контроля (проверка на четность, циклические коды, контрольные суммы и др.).

В технике связи применяются двухпроводные и четырехпроводные каналы. Последние используются в режиме дуплексной передачи. Возможен вариант дуплексной передачи и по двухпроводному каналу с введением дополнительной аппаратуры разделения прямого и обратного каналов.

**Аппаратура передачи данных** в основном включает следующие типы устройств:  
модемы и устройства преобразования сигналов (УПС);  
вызывные устройства (ВУ) для коммутируемых линий связи;  
устройства защиты от ошибок (УЗО).

АПД делится на низкоскоростную до 200 бит/с (по стандартным телеграфным каналам); среднескоростную до 4800 бит/с (по каналам тональной частоты) и высокоскоростную более 4800 бит/с (по широкополосным каналам).

Модемы преобразуют двоичные сигналы оконечной аппаратуры (МПД или АП) в модулированные сигналы, передаваемые в линию связи. При приеме происходит обратное преобразование.

Типичным представителем семейства модемов является модем 200 (ЕС-8001, НРБ, СССР, СРР), осуществляющий синхронную — асинхронную дуплексную передачу по каналам тональной частоты со скоростью 200 бит/с. Применяется частотная модуляция. Логические «1» и «0» передаются в прямой канал частотами 980 и 1180 Гц, а в обратный канал — частотами 1650 и 1850 Гц. При передаче частоты смешиваются, а при приеме разделяются фильтрами. Кроме этого, частота 2100 Гц применяется для автоматического вызова.

В модемах 2400 и 4800 используют методы относительной фазовой модуляции (одинарной, двойной и тройной). При одинарной модуляции биты информации «1» и «0» кодируются двумя фазами  $0^\circ$  и  $180^\circ$ , при двойной — пара бит (дубит) кодируется 4 значениями фазы, при тройной — тройка бит кодируется 8 значениями фазы. Имеются экспериментальные модемы с 16-фазным кодированием. Модемы позволяют вести служебные телефонные разговоры при отсутствии передачи данных.

По телефонным линиям с переприемом возможна связь на расстояние до 13 900 км. Число переприемников зависит от скорости передачи. Для ЕС-8010 при скорости 600 или 1200 бит/с число переприемников равно 12, при скорости 2400 бит/с — 6.

Физические линии используются в ограниченном регионе. Для согласования оконечной аппаратуры с физическими линиями предназначены устройства преобразования низкого уровня (УПС НУ) ЕС-8027, ЕС-8028 и ЕС-8029. Длина линии зависит от скорости передачи. Так, для ЕС-8028:

двухпроводная линия, дуплексный режим, 2400 бит/с — 10 км;  
четырёхпроводная линия, дуплексный режим, 2400 бит/с — 14 км;

четырёхпроводная линия, дуплексный режим, 4800 бит/с — 7 км.

Для установления связи по коммутируемым линиям применяются телефонные и телеграфные вызывные устройства (ВУ ТФ и ВУ ТГ), подключаемые к оборудованию обработки данных (ООД) по схеме, показанной на рис. 31.

Номенклатура АПД ЕС ЭВМ включает устройства защиты от ошибок (УЗО) ЕС-8122, ЕС-8135, ЕС-8140, предназначенные для повышения достоверности передаваемых данных. УЗО подключается между ООД (стык С3) и модемом (стык С1). УЗО организует передачу данных блоками с циклическим контролем. Для контроля используются различные образующие полиномы

$$X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 \text{ — для ЕС-8135;}$$

$$X^{24} + X^{23} + X^6(X^7) + X^4(X^5) - X^2 + 1 \text{ — для ЕС-8140.}$$

Полином для ЕС-8140 перестраивается на два варианта.

При обнаружении ошибки осуществляется запрос на повторную передачу данных. При достоверности данных в канале связи  $10^{-3}$  УЗО обеспечивает общую достоверность  $10^{-7}$ . Объем буферной памяти ЕС-8135 обеспечивает передачу данных на 13 900 км (при скорости 2400 бит/с) и на 6000 км (при скорости 4800 бит/с).

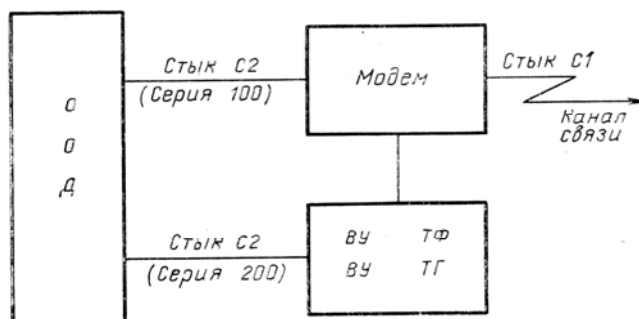


Рис. 31. Схема подключения вызывных устройств

**Мультиплексоры передачи данных** подключаются к ЭВМ Единой системы через стандартный интерфейс ввода-вывода. Имея в своем составе блок двухканального переключателя, МПД может быть подключен к двум мультиплексным каналам одной или двух ЭВМ. МПД работает по программам канала, формируемым в оперативной памяти ЭВМ. МПД осуществляет установление и разъединение связи с удаленным абонентским пунктом, передачу с контролем данных от ЭВМ и в ЭВМ, обеспечивает реакцию на управляющие символы и формирование соответствующей управляющей информации для реализации алгоритмов обмена данных.

Если МПД обладает достаточно развитыми средствами (программными) для предварительной обработки данных и управления сетью передачи данных, то, как сказано выше, он относится к категории связных процессоров или процессоров телеобработки данных.

Другой разновидностью МПД являются так называемые удаленные МПД, позволяющие экономить каналы связи. Удаленный МПД ЕС-8421 (ВНР) может объединять низкоскоростные каналы связи в один высокоскоростной, и наоборот.

Рассмотрим кратко принцип работы МПД на примере ЕС-8402 (МПД-2, СССР). Данный МПД обеспечивает работу в полудуплексном режиме с максимальным числом каналов связи (176), из них 64 могут быть коммутируемыми. Число подключаемых каналов зависит от скорости передачи и алгоритма обмена (синхронный—асинхронный, дуплексный — полудуплексный). Для организации дуплексного режима применяются два канала связи с удаленным АП. В зависимости от используемой АПД обеспечивается работа МПД-2 по коммутируемым и выделенным телефонным и телеграфным линиям, а также по физическим линиям.

К МПД-2 могут подключаться модемы ЕС-8001, ЕС-8002, ЕС-8010, ЕС-8011, ЕС-8015, устройство сопряжения ЕС-8030 с телеграфной линией, устройство сопряжения

ЕС-8027 с физической линией.

Скорость передачи — до 4800 бит/с. Максимальная пропускная способность устройства — 40 Кбайт/с.

Обеспечивается работа АП типа АП-1, АП-2, АП-4, АП-61, АП-63, АП-70, а также обмен ЭВМ — ЭВМ.

Достоверность передаваемой информации не ниже  $10^{-6}$  при вероятности ошибки в канале не более  $10^{-3}$ . Общая схема МПД-2 показана на рис. 32.

Устройство управления передачей данных предназначается для:

сопряжения с каналом;

хранения управляющей информации и данных, поступающих от канала и АП;

управления всеми блоками МПД;

реализации алгоритмов обмена;

контроля и диагностики всех блоков МПД.

Основная логика работы УПД реализуется микропрограммой постоянной памятью объемом 4096 слов по 72 разряда.

Сменные блоки БГУ-С и БГУ-А осуществляют групповое управление блоками линейных адаптеров БЛА-С и БЛА-А соответственно в синхронном и асинхронном

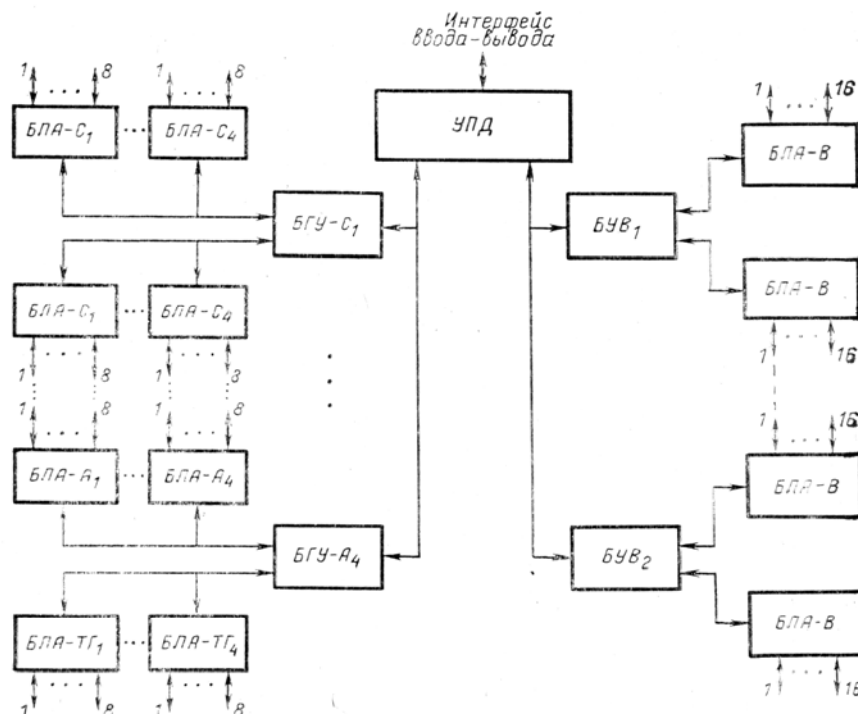


Рис. 32. Схема МПД-2

(стартстопном) режимах передачи данных. Блоки БЛА передают и принимают очередной бит информации в линию связи. БЛА-ТГ либо работает через УПС-ТГ, либо непосредственно на телеграфную линию. Блоки управления вызовом (БУВ) и блоки линейных адаптеров вызова (БЛА-В) управляют устройствами автоматического вызова в коммутируемых линиях связи (ЕС-8061).

При передаче данных на АП МПД-2 выполняет команду ПИСАТЬ. ОЗУ УПД ( $1024 \times 36$  бит) накапливает до 8 байт данных из канала, далее данные по 1 байту для синхронного режима или по 1 биту для асинхронного режима передаются в местную память БГУ и затем по 1 биту в БЛА. При наборе номера вызова УПД передает по одной цифре в БУВ и БЛА-В.

Система команд МПД-2 включает как стандартные команды канала (такие, как ЗАРЕЗЕРВИРОВАТЬ, УТОЧНИТЬ СОСТОЯНИЕ, ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД и др.), так и команды, необходимые для реализации алгоритмов обмена с различными АП. Приведем краткую характеристику второй группы команд (табл. 23).

Команда ВКЛЮЧИТЬ подключает МПД-2 к АПД и устанавливает символьную

синхронизацию в канале передачи данных.

Таблица 23

Код команды	Наименование команды	При работе с АП		
		АП-2, АП-4, АП-61, АП-63 (синхронная передача)	АП-70 ТЛГ	АП-61, АП-63 (асинхронная передача)
01	ПИСАТЬ	+	+	+
02	ЧИТАТЬ	+	+	+
05	ПИСАТЬ ПО ШЛЕЙФУ	+	+	+
06	ПРИГОТОВИТЬСЯ	-	+	-
06	ГОТОВНОСТЬ ТРАКТА	+	-	-
09	ОПРОСИТЬ	+	-	-
0A	ЧИТАТЬ-М	-	+	-
23	УСТАНОВИТЬ СОСТОЯНИЕ	+	-	-
27	ВКЛЮЧИТЬ	+	+	-
29	НАБРАТЬ НОМЕР	-	+	-
2Г	ВЫКЛЮЧИТЬ	+	+	-

Команда УСТАНОВИТЬ СОСТОЯНИЕ используется только при работе с синхронными АП и является первой командой, с которой начинается обмен информацией с АП. Данная команда предназначена для установки в УПД состояния работы с контролем промежуточного блока.

Команда ЧИТАТЬ принимает данные из канала связи и передает их в оперативную память ЭВМ.

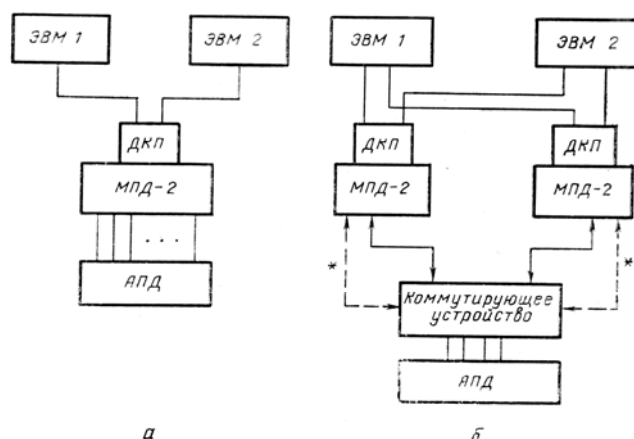


Рис. 33. Схема резервирования при работе с МПД-2:  
 а — без резервирования; б — с резервированием; ДКП — двухканальный переключатель; \* — управляющие сигналы (МПД ГОТОВ, МПД НЕ ГОТОВ, МПД ПОДКЛЮЧЕН)

Команда ПИСАТЬ передает данные из ЭВМ в канал связи и далее на АП.

Команда ГОТОВНОСТЬ ТРАКТА следит за символьной синхронизацией в канале связи и началом работы АП. Это характерное для МПД ожидание ответа от АП.

Команда ОПРОСИТЬ опрашивает оконечную аппаратуру (АП и ее составляющие устройства) в канале связи.

Команда ПИСАТЬ ПО ШЛЕЙФУ осуществляет контроль МПД-2. Информация, выдаваемая по какому-либо подканалу ввода-вывода, передается всегда обратно в ЭВМ по нулевому подканалу.

Команда ВЫКЛЮЧИТЬ предназначена для отключения МПД-2 от АПД.

Команда ЧИТАТЬ-М отличается от команды ЧИТАТЬ тем, что измерение тайм-аута не проводится (для стартстопного режима передачи, когда время между двумя передаваемыми знаками не определено).

Команда ПРИГОТОВИТЬСЯ определяет начало работы старт-стопного АП.

Для систем с высокой надежностью предусмотрена работа МПД-2 с



резервированием (рис. 33). Характеристики других МПД ЕС ЭВМ приведены в табл. 24.

Таблица 24

МПД, шифр, страна	Максимальное число каналов при режимах		Скорость, бит/с	Метод защиты от ошибок	Аппаратура, подключаемая на удаленном конце																				
	полу-дуплексном	дуплексном			АП-1	АП-2	АП-3	АП-4	АП-5	АП-6	АП-14	АП-15	АП-31	АП-50	АП-61/1	АП-61/2	АП-62	АП-63	АП-64	АП-70	АП-74	ТА-5	ТА-7	ЕС-7925	ЕС-7921
МПД-1А (ЕС-8400), СССР	16	8	50-2400	М Ц	×	×		×							×	×	×	×	×		×	×			
МПД-1А (ЕС-8401), НРБ	64	4	50-2400	М	×			×	×	×		×	×		×	×	×	×	×		×	×			
МПД-2 (ЕС-8402), СССР	176	88	50-4800	М Ц	×	×		×	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×		×	×	×	×	
МПД-3 (ЕС-8403), СССР	4	2	50-4800	М Ц	×	×	×	×											×		×	×	×	×	
МПД-4 (ЕС-8404), ГДР	12		200-1200	М	×				×	×		×					×	×	×	×					
МПД-10 (ЕС-8410), ВНР	32		50-2400	М Ц	×	×	×	×	×	×			×		×	×	×	×	×	×	×	×		×	×
УМПД (ЕС-8421), ВНР	23/1		50-200		×												×	×	×		×	×			

М — матричный контроль (продольно-поперечная четность);  
 Ц — циклический контроль;  
 ТА-5 и ТА-7 — телеграфные аппараты 5- и 7-элементные.

**Абонентские пункты.** Номенклатура абонентских пунктов ЕС ЭВМ довольно обширна, она постоянно расширяется и модернизируется.

Абонентский пункт представляет одно или несколько периферийных устройств со специальным устройством управления, выполняющим разнообразные функции. Устройство управления АП реализует алгоритм работы АП, выполняя действие по установлению и разъединению связи между МПД и АП и по управлению самим обменом информацией между ними. Для этого устройство управления генерирует и распознает необходимые управляющие символы, подсчитывает и сравнивает контрольные суммы блоков данных, если обмен идет с делением информации на блоки, сообщает МПД о своей готовности к работе, о желании изменить направление передачи или прекратить «сеанс связи». При приеме информации от ЭВМ устройство управления

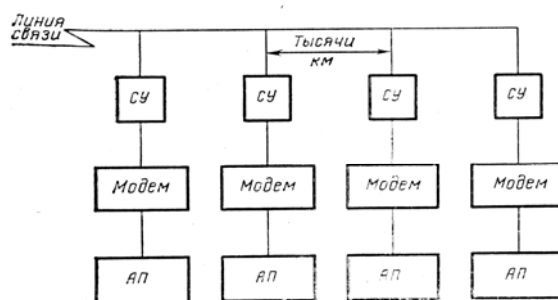


Рис. 34. Многодорожечное соединение АП по стыку С1:  
 СУ — согласующее устройство

АП переводит данные из кода передачи в код периферийного устройства из состава АП, которому эти данные направлены. При передаче информации от АП к ЭВМ происходит обратное преобразование. Устройство управления обеспечивает автономную работу входящих в АП периферийных устройств. Как отмечалось, для некоторых АП возможен режим многоточечной работы группы АП на один канал связи. В этом случае возможна связь АП — АП. Многоточечное соединение может осуществляться как по стыку С1 (с применением согласующих устройств, рис. 34), так и по стыку С2 (рис. 35).

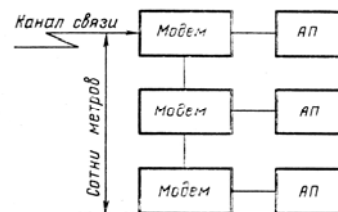


Рис. 35. Многодорожечное соединение АП по стыку С2.

Абонентские пункты различаются составом периферийных устройств, алгоритмами обмена (синхронный, асинхронный) и подключаемой аппаратурой передачи данных (табл. 25).

**Перспективы развития средств телеобработки данных.** В настоящее время утверждается тенденция перехода от систем телеобработки данных, построенных на базе одной ЭВМ, к системам сетевой телеобработки данных, когда конечный пользователь имеет возможность доступа к сети ЭВМ.

При сетевой организации информационных и управляющих систем возникает много сложных и трудоемких вопросов как в совместимом программном обеспечении, так и в реализации технических средств. Сетевая организация подразумевает многоуровневую структуру с обязательным наличием стандартных протоколов стыка между уровнями. Разработка подобных протоколов стыка на союзном и международном уровнях представляет собой сложную задачу.

Из технических средств для сетевой организации потребуются такие устройства, как процессоры телеобработки данных, удаленные мультиплексоры передачи данных, различного вида концентраторы линии связи. Процессоры телеобработки данных, с одной стороны, должны уменьшить программную нагрузку на центральные ЭВМ сети, с другой — обеспечить оптимальное управление передачей информации в сети (коммутация сообщений, коммутация пакетов). В связи с большим прогрессом электронной технологии растет «интеллектуальный» уровень абонентских пунктов, появляется семейство «интеллектуальных» терминалов, представляющих собой в известном отношении мини-ЭВМ.

Для нашей страны создание систем сетевой телеобработки данных особенно важно и в то же время при большой географической протяженности это весьма трудно.

Для решения указанных задач необходимо выработать единый принцип комплексного подхода к организации систем обработки данных, в том числе систем коллективного пользования, сетей ЭВМ, систем или сетей передачи данных. Этот принцип должен отражать единство различных сторон: пользователя (перечень представляемых пользователю услуг) и разработчиков линий связи и средств вычислительной техники (обеспечение согласования на всех уровнях, совместимости).

Решение данных вопросов привело к проблеме архитектуры открытых систем сетевой телеобработки (ОССТ). Проблема ОССТ может быть сформулирована как возможность взаимодействия пользователя или программы одной вычислительной системы с пользователем или программой другой вычислительной системы. Очевидно, что указанная проблема требует обеспечения общесистемной совместимости в сетях ЭВМ и сетях передачи данных.

Разработка ОССТ включает:

- создание логической модели архитектуры системы с формализованным описанием логики функционирования средств;
- распределение функций в функциональных уровнях между конечными пользователями, разработку протоколов взаимодействия распределенных компонентов

Таблица 25

АП, шифр, страна	Ввод						Вывод						Методы защиты от ошибок	АПД				Режимы		Тип линии	Передача данных			
	клавиатура	перфокарты	перфоленты	карты с краевой перфорацией	магнитная лента	жетоны	паспорт	перфокарты	перфоленты	карты с краевой перфорацией	механизм после- довательной печати	печать АЦПУ		магнитная лента	ЭЛТ	модем 200	модем 1200	модем 2400	модем 4800			УПС НУ	УПС ТГ	дуплексный
АП-1 (ЕС-8501), НРБ	×	×	×	×					×	×	×			М	×	×			×	×		×	ТЛГ, НУ, ТЛФ	Асинх- ронная
АП-2 (ЕС-8502), ВНР, СССР	×		×	×					×	×	×			Ц Ц	×				×	×	×	×	ТЛГ, ТЛФ ТЛГ, ТЛФ	Синх- ронная
АП-3 (ЕС-8503), НРБ, ВНР	×		×						×		×			Ц		×			×			×	ТЛФ	Синх- ронная
АП-4 (ЕС-8504), СССР	×	×	×		×				×		×	×		М			×					×	ТЛФ	Синх- ронная
АП-5 (ЕС-8505), ГДР	×	×	×			×	×		×		×			М	×	×			×					
АП-6 (ЕС-8506), ГДР	×	×	×			×	×		×		×			М		×			×					
АП-14 (ЕС-8514), ПНР	×	×	×		×				×		×	×	×	М, Ц	×	×	×							
АП-31 (ЕС-8531), НРБ	×	×	×	×					×	×	×			М, Ц	×	×			×	×				
АП-50 (ЕС-8550), ВНР	×	×	×		×	×			×		×	×	×	М, Ц	×	×	×	×	×					
АП-61  (ЕС-8561), СССР	×									×		×		М	×		×			×				Модель 1 синхронная Модель 2 асинхронная
АП-62 (ЕС-8562), ВНР	×									×			×	М	×	×	×	×	×	×				Синх- ронная
АП-63 (ЕС-8563), СССР	×									×			×	М			×					×		Синх- ронная Асинх- ронная
АП-64 (ЕС-8564), ВНР	×									×		×		М	×	×	×	×	×	×			ТЛФ	
АП-70 (ЕС-8570), НРБ, СССР	×									×				М	×								ТЛГ ТЛФ	Асинх- ронная
ТА-5 (ЕС-8591), ЧССР	×	×							×		×													
ТА-5 (ЕС-8592), ГДР	×	×							×		×													
ТА-7 (ЕС-8593), ГДР, ЧССР	×	×							×		×													

М — матричный,  
Ц — циклический.

одного уровня;

представление языка описания функций и взаимодействия в открытой системе.

В системном плане ОССТ сеть логически строится из последовательно расположенных функциональных уровней: нижние уровни соответствуют телекоммуникационным средствам подсистемы передачи данных, верхние — типовому применению обработки данных и пользователям (ЭВМ, АП, прикладные программы пользователя).

Открытые системы сетевой телеобработки представляют важный шаг в развитии системного использования вычислительной техники в странах социалистического содружества, ожидается, что они будут способствовать значительному расширению сфер применения вычислительной техники.

## ГЛАВА 6

### РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

---

Использование ЭВМ Единой системы в различных отраслях народного хозяйства, широкий круг пользователей, усложнение аппаратуры, необходимость обеспечения высоких технико-экономических показателей потребовали принятия специальных мер по повышению надежности функционирования ЭВМ. Достижения в области структурных решений или технологии могут не дать конечного высокого эффекта для пользователя, если не будут решены вопросы контроля работы ЭВМ и восстановления вычислительного процесса.

Основными направлениями реализации требований к повышению надежности функционирования ЭВМ являются аппаратные и программные средства контроля, диагностики и восстановления. При современном уровне развития вычислительной техники указанные средства взаимосвязаны и разделение их весьма условно, в связи с чем при дальнейшем рассмотрении будет использовано понятие аппаратно-программных средств. Этими аппаратно-программными средствами обеспечиваются:

- контроль машинных ошибок;
- коррекция ошибок в оперативной памяти;
- повторение команд в процессоре;
- повторение операций ввода-вывода;
- микродиагностические процедуры;
- восстановление в составе операционных систем;
- программы технического обслуживания.

#### 6.1. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ МАШИННЫХ ОШИБОК

В связи с байтовой организацией данных в качестве основного метода аппаратного контроля в ЕС ЭВМ-2, как и в ЕС ЭВМ-1, выбран контроль каждого байта на четность. Восемь информационных разрядов байта плюс один контрольный всегда содержат нечетное количество единиц. Такой способ позволяет обнаруживать одиночные разрядные ошибки и неисправности типа  $\equiv 0$  (постоянное отсутствие сигнала) управляющих цепей. В общем случае контроль по модулю два позволяет обнаруживать ошибки, которые одновременно присутствуют в нечетном числе разрядов. Если допустить равновероятным появление двойной ошибки в любых двух разрядах информационного слова, то процент таких необнаруженных ошибок, когда оба разряда входят в один 9-битовый байт, составит:

$$\frac{4 \cdot C_9^2}{C_{36}^2} \cdot 100\% = 23\% \quad \text{для 4-байтового слова и}$$
$$\frac{8 \cdot C_9^2}{C_{72}^2} \cdot 100\% = 11\% \quad \text{для 8-байтового слова.}$$

Схемы контроля по четности легко и экономично позволяют контролировать сквозные передачи информации и хранение информации в регистровой памяти. С другой стороны, контроль по четности таких функциональных узлов, как дешифраторы, счетчики, сумматоры, требует значительного оборудования (50—80% основной аппаратуры). Если еще учесть, что контроль по модулю три и выше, а также

контроль дублированием более эффективны по степени обнаружения ошибок, то становится понятно применение смешанных способов аппаратного контроля в процессорах ЕС ЭВМ-2. Так, процессоры ЭВМ ЕС-1035 и ЕС-1060 полностью контролируются на четность, в том числе и сумматоры. В процессоре ЭВМ ЕС-1045 контроль на четность сочетается с дублированием главного сумматора. Сумматоры процессора ЭВМ ЕС-1065 контролируются по модулю три.

Смешанный контроль критичен с точки зрения достоверности в узлах перехода от одного вида контроля к другому. Поэтому в таких точках используются самоконтролируемые схемы контроля, как, например, в ЭВМ ЕС-1045, в которой подобные схемы применяются там, где из-за неисправности возможна потеря самого сигнала контроля. Как правило, это начальные и конечные точки трактов контроля (рис. 36).

Применение самоконтролируемых схем контроля, по всей видимости, окажется перспективным с внедрением БИС и СБИС.

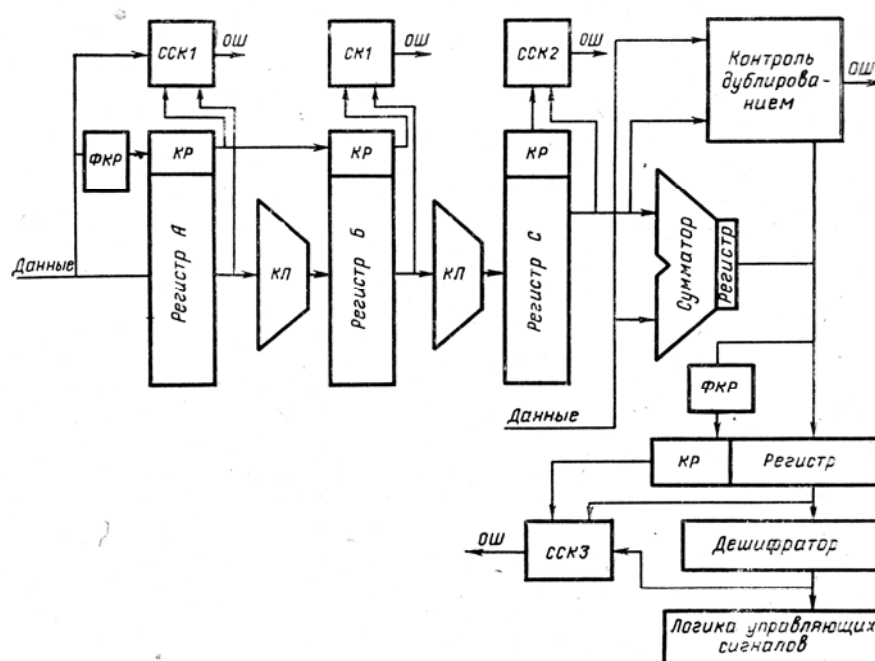


Рис. 36. Самоконтролируемые схемы контроля:

КЛ — комбинационная логика; КР — контрольный разряд; ОШ — сигнал ошибки; СК — схема контроля; ССК — самоконтролируемая схема контроля; ФКР — формирование контрольного разряда

К. Шенон поставил перед разработчиками ЭВМ проблему: кто будет сторожить сторожей? До внедрения (отметим — широкого внедрения) самоконтролируемых схем контроля (а здесь еще нужны дополнительные исследования) проблема Шенона решалась путем введения через специальную процессорную команду ДИАГНОСТИКА процедуры имитации неправильной четности и проверки схем контроля в режиме диагноза на тестовых программах. Периодическое выполнение таких тестовых программ практически гарантировало оперативную готовность схем контроля выполнять свои функции. Этот способ реализован в процессорах ЭВМ ЕС-1052 и ЕС-1060.

Выбор конкретной схемы контроля блоков преобразования информации определяется:

- глубиной контроля;
- объемом контрольного оборудования;
- влиянием схем контроля на рабочую временную диаграмму;
- удобством (неудобством) компоновки рабочих и контрольных схем по

конструктивно-сменным блокам;

диагностичностью самих схем контроля и диагностичностью рабочих схем.

В современных ЭВМ особенно большое внимание уделяется вопросам достоверности информации, хранимой в оперативной памяти. Это связано с тем, что резко возросли объемы памяти в результате увеличения плотности компоновки запоминающих элементов. Можно считать, что удельная надежность одного разряда памяти в части сбоев падает. Если для внешних запоминающих устройств корректирующие коды уже давно завоевали право на применение, то для оперативной памяти они нашли массовое использование в ЕС ЭВМ-2. Для контроля информации в оперативной памяти применяется популярный и эффективный модифицированный код Хэмминга (см. гл. 3), позволяющий корректировать одиночную и обнаруживать двойную ошибку, а также некоторые кратные.

Аппаратура кода Хэмминга тоже требует решения проблемы «сторожа сторожей». Посредством уже упомянутой команды ДИАГНОСТИКА необходимо задавать режимы проверки контрольных схем. Прогресс в диагностике неисправностей оперативной памяти связан с общепринятым способом конструктивно-разрядной организации.

## 6.2. ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ МАШИННОГО КОНТРОЛЯ

Важнейшим фактором для эффективности технического обслуживания является принятый механизм обработки сигналов от схем обнаружения ошибок в системе машинного контроля. ЕС ЭВМ-1 выполняют следующие операции по сигналам от схем контроля:

регистрацию состояния запоминающих элементов процессора и каналов в фиксированной области оперативной памяти;

прерывание по машинной ошибке;

программное восстановление вычислительного процесса.

Следует отметить, что при этом объем области регистрации в оперативной памяти был недостаточен, а в момент прерывания, кроме «старого» слова состояния программы, никакой дополнительной информации не фиксировалось, т. е. код прерывания был равен нулю. Восстановление вычислительного процесса возлагалось на программные средства. Последние были представлены тремя уровнями:

I — регистрация и сбор статистики по сбоям в системном журнале ОС (или ДОС) ЕС. Фактически восстановление отсутствует и, как следствие этого, после сбоя выполняется перезагрузка операционной системы;

II — регистрация, сбор статистики, анализ, на какой программе — системной или пользовательской — наблюдался сбой. Если на системной, то перезагрузка, если на пользовательской, то задача снимается, и оператор вновь должен ее запустить;

III — регистрация, сбор статистики, анализ области регистрации состояния и попытка программного повторения сбившейся команды или фрагмента программы.

Наиболее эффективны программы III уровня. Но в то же время эти программы в значительной степени моделезависимы, сложны и трудоемки в разработке. С другой стороны, программы III уровня в ряде случаев дают ложные решения в части восстановления: программа требует перезагрузки, когда фактически возможно повторение вычислительного процесса; программа отмечает факт восстановления, на самом деле восстановления нет (или оно частично), и в этом случае задача завершается с неправильными результатами. Последняя ситуация наиболее опасна.

Опыт работы с программами III уровня привел к необходимости в ЕС ЭВМ-2, с одной стороны, возложить часть функций восстановления на аппаратуру, используя микропрограммное управление, с другой — стандартизировать процедуры обработки сигналов ошибок и расширить состав информации о сбойной ситуации и в свою очередь стандартизировать эту информацию. В операционной системе,

обеспечивающей работу моделей ЕС ЭВМ-2, программы III уровня имеют четкое разделение на моделенезависимые и моделезависимые модули. Трудоемкость разработки и сопровождения сократилась. Сбившаяся команда повторяется в основном аппаратными (микропрограммными) средствами, что существенно повышает достоверность восстановления.

В зависимости от структурной сложности процессора аппаратное повторение осуществляется либо с начала неправильно выполненной команды, либо с контрольной точки внутри команды. Сбившаяся команда повторяется до восьми раз, после чего, если восстановление не произошло, вырабатывается сигнал прерывания. В малых и средних по производительности процессорах с несомещенной структурой и микропрограммным управлением повторение, как правило, идет на уровне микрокоманды. В процессорах с совмещенными уровнями обработки команд, с блоками, имеющими аппаратное управление, используется повторение с начала команды, за исключением команд с операндами переменной длины, которые повторяются, начиная с текущего двойного слова операнда. При повторении процессор переводится в несомещенный режим, что позволяет легче «протолкнуть» сбившуюся команду.

Чтобы средства повторения не влияли на быстродействие процессора, вводится дополнительное оборудование для оперативной буферизации определенной информации во время работы программы. Это оборудование занимает 1—2% общего объема аппаратуры процессора и позволяет буферизировать адреса команд, адреса операндов, операнды, изменяемые в ходе выполнения команды, и другую информацию, необходимую для восстановления вычислительного процесса. Кроме того, в процессоры вводятся средства против «зависаний» (hang-up).

«Зависание» — это такое состояние системы, при котором ни одно из устройств не зафиксировало сбоя аппаратных средств, однако система не может продолжать работу, так как не закончена какая-либо начатая процедура в системе. Это может произойти, например, в случае заикливания процессора в алгоритме какой-либо команды без нарушения четности, при пропадании сигналов в интерфейсе процессор — память или канал — память.

Средства, предназначенные для ликвидации «зависаний» в процессорах, содержат аппаратуру, которая по истечении максимально допустимого промежутка времени для выполнения любых сколь угодно длинных команд вырабатывает сигнал, вызывающий прерывание по машинной ошибке и извещающий программу о состоянии «зависания» с регистрацией состояния процессора. В случае незавершенной команды с каналом ввода-вывода происходит сброс соответствующего канала с целью получения доступа к внешним устройствам системы. Получив сигнал о «зависании» процессора, программные средства, так же как и при сбое по контролю, выполняют процедуры по восстановлению работоспособности системы.

Рассмотрим и проанализируем те стандартные средства обработки машинных ошибок, которые были введены в ЕС ЭВМ-2. Эффективности этих средств, прежде всего, способствовала четкая классификация условий прерывания от схем контроля на два типа: подавляемые и неотложные.

Условия, которые определяют подавляемые прерывания, не влияют на процесс обработки команд в процессоре. Поэтому эти прерывания могут быть задержаны до завершения выполнения текущей команды или еще на более длительное время, если в этом есть необходимость. Подавляемые условия прерывания по типу делятся на три класса: восстановление, оповещение, подавляемое нарушение.

Условия прерывания класса восстановления можно либо обойти, либо не учитывать. Сбои, их вызывающие, либо не регистрируются, либо если регистрируются, то в этом случае образуется подкласс — системное восстановление.

Условия прерывания класса оповещения не связаны непосредственно со сбоями аппаратуры и в свою очередь делятся на два подкласса:



ухудшение характеристик (например, уменьшился объем буферной памяти, отключился блок ускоренного умножения, переполнился счетчик корректируемых ошибок оперативной памяти и др.);

предупреждение (например, сигнал отключения кондиционера, вентиляторов, превышение климатических условий и др.).

Условия прерывания класса подавляемых нарушений состоят из трех подклассов:

нарушение в таймере;

нарушение в средствах отсчета времени;

внешние нарушения (например, сбой ввода-вывода, сбой буфера каналов в блоке управления памятью и др.).

Прерывания по подавляемым условиям дают возможность выполнить команду процессора, затем обрабатываются ожидающие программные и супервизорные прерывания и только после этого, если соответствующие маски открыты, выполняется прерывание по машинной ошибке.

Условия, которые определяют неотложные прерывания, не позволяют продолжить выполнение команд процессором, поскольку произошло прямое нарушение его работы.

Неотложные условия прерывания по машинной ошибке делятся на два класса:

нарушение обработки команды или невозможность продолжения прерывания;

нарушение в системе (все катастрофические ситуации в системе, которые нельзя отнести к предыдущему классу).

Неотложные условия прекращают выполнение команды и отменяют обработку программных и супервизорных прерываний.

В соответствии с классами и подклассами прерываний строится система масок, которая определяется разрядами 4—7 управляющего регистра 14 (табл. 26). Как и в ЕС ЭВМ-1, 13 разряд ССП управляет маскированием всего контроля в целом. Если этот разряд равен нулю, то контроль в машине запрещен; если единице, то разрешен.

Маска ЕМ распространяется на все три подкласса класса подавляемых нарушений. В отличие от ЕС ЭВМ-1 введен еще один сигнал СТОП ПРИ СБОЕ, который в некоторых сбойных ситуациях приводит к останову системы. Этот сигнал определяется

состоянием нулевого разряда управляющего регистра 14. На это следует обратить особое внимание. В ЕС ЭВМ-1 режима останова ЭВМ не было предусмотрено, она могла «зависнуть», заикнуться, находиться в режиме ожидания. Опыт работы ЕС ЭВМ-1 показал, что необходимо выделять множество сбойных ситуаций, при которых целесообразно предусматривать останов, чтобы не

разрушить результаты предыдущей (до сбоя) работы системы, проводить анализ ситуации с пульта инженера и принимать решение. Это такие сбои, после которых восстановление нельзя передавать программам III уровня. Логика работы сигнала СТОП ПРИ СБОЕ, маски контроля в ССП и неотложных условий прерывания в значительной степени моделезависима. Основным принцип состоит в том, что при неотложном условии прерывания, когда 13-й разряд ССП равен 0 и имеется сигнал СТОП ПРИ СБОЕ, происходит останов («тяжелый») системы.

На рис. 37 приведен алгоритм действий системы при возникновении вторичного условия прерывания. Блок-схема описывает реакцию системы, если возникают последовательно два условия прерывания по машинной ошибке. При двух неотложных условиях реакция зависит от состояния разряда СТОП ПРИ СБОЕ. Следует оговориться, что в некоторых моделях ЕС ЭВМ-2 даже при нулевом значении этого разряда происходит останов. Три комбинации двух условий прерывания

Таблица 26

Мнемоническое обозначение	Маска	Номер разряда управляющего регистра
RM	Восстановление	4
DM	Ухудшение характеристик	5
EM	Внешнее нарушение	6
WM	Предупреждение	7

классифицируются состоянием НАРУШЕНИЕ В СИСТЕМЕ. Два или даже более

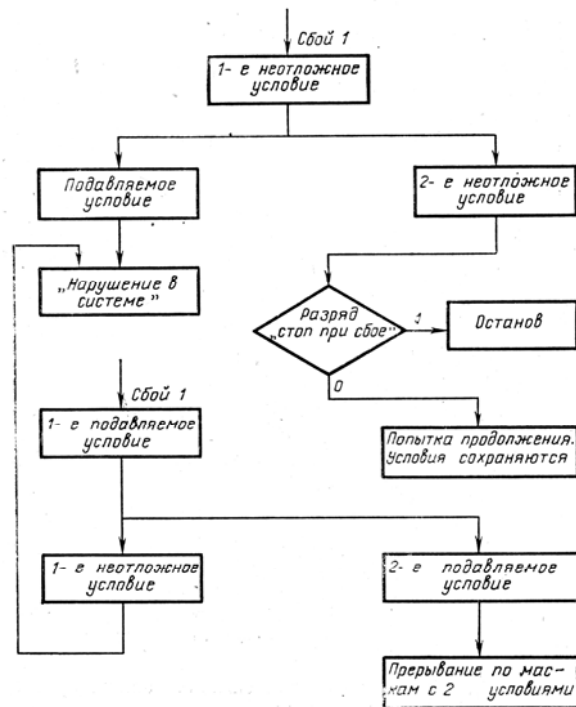


Рис. 37. Блок-схема обработки вторичного условия прерывания

подавляемых условий приводят к одному прерыванию, но в коде прерывания отражаются все возникшие подавляемые условия.

Стандартная процедура обработки сигнала ошибки от схем контроля приведена на рис. 38. Реальные алгоритмы обработки машинных ошибок сложнее и учитывают

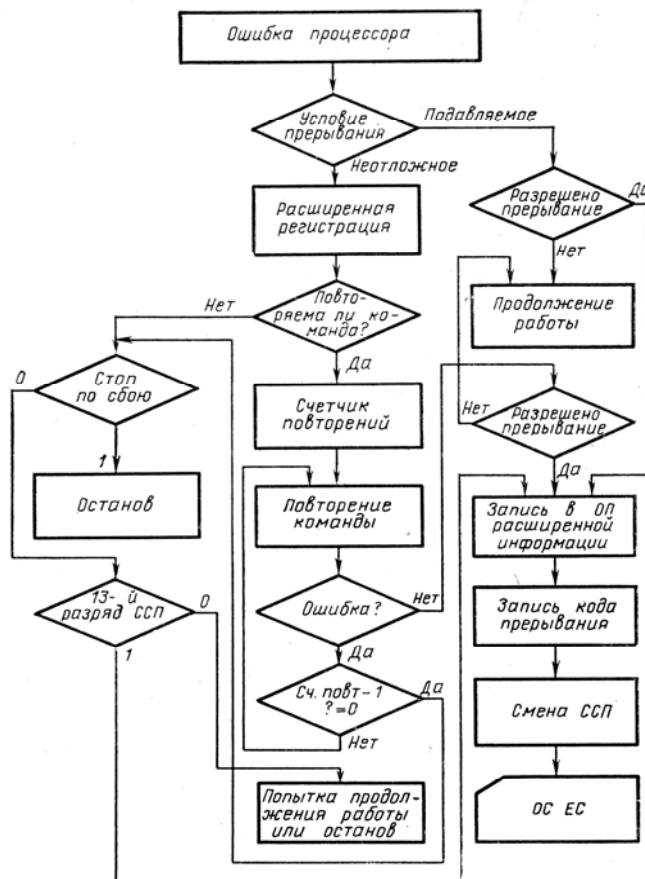


Рис. 38. Блок-схема обработки сигнала ошибки процессора

структурные особенности процессоров. При аппаратном контроле, по сигналу от схем контроля, в определенных случаях информация от запоминающих элементов процессора записывается в оперативную память. Эта процедура называется регистрацией при аппаратном контроле. Регистрация состояния разделяется на два типа: синхронная — во время процедуры прерывания; асинхронная — одновременно с прерыванием, если прерывание отсутствует или в случае задержанного прерывания.

В свою очередь каждый тип регистрации делится на два вида: регистрация в фиксированную область памяти; расширенная регистрация в область памяти, начало которой указывается содержимым управляющего регистра 15.

Область фиксированной регистрации главным образом используется для запоминания дополнительной информации при аппаратном повторении команд (процессор ЭВМ ЕС-1045). В силу этого фиксированная регистрация может быть только асинхронной. Для управления регистрацией применяются три разряда маски в управляющем регистре 14: разряд 1 — синхронная расширенная, разряд 8 — асинхронная расширенная, разряд 9 — асинхронная фиксированная.

Расширенная регистрация используется для моделезависимых программ восстановления уровня III и для статистической диагностики по сбоям. Объем области расширенной регистрации в оперативной памяти для различных моделей ЕС ЭВМ-2 приведен в табл. 27.

Т а б л и ц а 27

Модели	Объем расширенной регистрации, байт
ЕС-1025	16
ЕС-1035	128
ЕС-1045	644*
ЕС-1055	28
ЕС-1060	512

\* Около 20% области регистрации являются резервной для развития.

Расширенная информация при прерывании по машинной ошибке состоит из семи полей, которые заполняются в момент прерывания. Два поля отводятся для регистрации средств отсчета времени — компаратор и таймер процессора.

В двойном слове с адресом 224 запоминается содержимое компаратора, а в двойном слове с адресом 216 — содержимое таймера процессора.

Адрес ячейки оперативной памяти, в которой произошла неисправимая ошибка информации или ключа защиты, запоминается в поле разрядов 8—31 слова с адресом 248.

Региональный код запоминается в поле с адресом 252 и содержит моделезависимую информацию, уточняющую место ошибки. Это может быть, например, адрес блока системы, вызвавшего внешнее прерывание или сообщение о восстановлении.

Область сохранения регистров использует три поля с начальными адресами 352, 384 и 448. В них запоминается содержимое соответственно регистров с плавающей запятой, регистров общего назначения и управляющих регистров.

Основной интегральной информацией прерывания является восьмибайтовый код прерывания (КП). Восемь разрядов кода прерывания фиксируют подклассы прерываний, а четырнадцать разрядов этого кода определяют достоверность информации, запоминаемой в процессе прерывания.

Разряд достоверности какого-либо поля устанавливается равным 1, если запомненная информация достоверна относительно точки прерывания, записана полностью и при записи не возникли дополнительные ошибки. В противном случае устанавливается 0. Следует подчеркнуть важность разрядов достоверности для надежной работы программ восстановления ОС ЕС.

Кроме того, код прерывания включает разряды, определяющие положение точки прерывания относительно места ошибки, уточняющие характер ошибки оперативной памяти и памяти ключей защиты, а также содержит объем области расширенной регистрации информации.

### 6.3. ПРОЦЕДУРЫ МИКРОДИАГНОСТИКИ

Процессоры и каналы ЕС ЭВМ-2 используют режим микродиагностики (употребляются также термины «микротестирование», «микротест»), что позволяет существенно сократить время поиска неисправности и снизить требования к квалификации обслуживающего персонала.

Основным принципиальным преимуществом микротестирования по сравнению с программным контролем и диагностикой является возможность регистрации состояния аппаратуры на каждом такте синхронизации и возможность доступа к дополнительным контрольным точкам, входящим в состав области расширенной регистрации.

Режим микротестирования требует дополнительных аппаратных средств. Так, для процессора ЭВМ ЕС-1060 они составляют 3—4%. Точную цифру назвать трудно, ибо часть этой аппаратуры используется для других целей — расширенной регистрации при сбое, загрузке микропрограмм и т. д. Кроме того, режим микротестирования требует достаточно трудоемкой разработки специальной информационной базы:

файлов собственно микротестов объемом до 1 Мбайта;

диагностической информации, включающей словари и руководства по эксплуатации на тот случай, если словари не дают однозначного диагноза;

диагностических мониторов.

Ниже для примера кратко описана система микродиагностики процессора ЭВМ ЕС-1060 и даны некоторые особенности ее реализации в ЭВМ ЕС-1035 и ЕС-1045.

В состав ЭВМ ЕС-1060 входит пультовой кассетный накопитель ЕС-5009, который осуществляет побитовую запись на двух дорожках с дублированием. Объем кассеты около 70 Кбит. Накопитель ЕС-5009 используется как для загрузки рабочих микропрограмм, так и для ввода микротестов. В процессоре имеется специальный блок — адаптер пультового накопителя (АПН) с внутренней быстродействующей памятью объемом 512 байт, который управляет вводом информации с контролем либо в управляющую память микропрограмм, либо в схемы расшифровки диагностических команд АНН.

Для понимания возможностей режима микротестирования целесообразно рассмотреть систему диагностических команд АПН. Сразу подчеркнем, что команды АПН не имеют никакого отношения к командам процессора. В этом смысле АПН совместно с пультовым накопителем и собственной памятью представляет собой некоторую мини-машину — сервисный процессор.

Команды имеют фиксированный формат от 1 до 506 байт. Обычно используются команды длиной от 1 до 3 байт. Длинные команды предназначены для загрузки памяти микропрограмм. Под код операции отводится один байт.

Система команд АПН содержит набор команд для установки двух регистров микрокоманд. Трехбайтовая команда устанавливает два байта регистра. Команды установки делятся на две группы: без выполнения микроприказов и с выполнением. Имеется команда сброса регистров микрокоманд.

Элементарный микротест состоит из цепочки команд установки без выполнения и одной команды установки с выполнением. Подготовленные микроприказы выполняются за один машинный такт.

Для опроса состояния запоминающих элементов процессора служат две команды длиной в три байта: **ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ БИТА** и **ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ БАЙТА**.

Опрашиваемые биты и байты имеют условную адресацию, используемую в режиме расширенной регистрации состояния и при индикации на пульт инженера. Адрес бита, содержащий 12 разрядов, или 9-разрядный адрес байта, указывается в команде. В команде содержится и эталон для сравнения, занимающий один или восемь разрядов. Если опрошенный результат совпал с эталоном, то выполняется следующая команда АПН, если нет, производится останов, и на пульте инженера индицируется адрес команды и сама команда. После чего оператор обращается к диагностической

информации, находящейся в распечатках микротестов или в словаре.

В рассмотренном режиме тестирования выполнение микроприказов заблокировано, снятие блокировки проводится только на один такт. Рабочая синхронизация не блокируется. Для выполнения многотактных микротестов необходимо использовать подряд несколько команд установки с выполнением. При этом выборка микрокоманд из управляющей памяти заблокирована.

В систему команд АПН входит однобайтовая команда ЗАГРУЗКА ПРОЦЕССОРА, которая позволяет загрузить исходной информацией внутренние регистры процессора (буфер команды, регистры общего назначения и др.), используя сервисные микропрограммы ЗАГРУЗКИ, размещенные в управляющей памяти микропрограмм. Сервисные микропрограммы загружаются одновременно с рабочими. Перед командой ЗАГРУЗКА ПРОЦЕССОРА используются команды установки регистра микрокоманды без выполнения для установки его адресной части. Тем самым определяется вход в сервисную микропрограмму. Команда ЗАГРУЗКА ПРОЦЕССОРА передает управление сервисной микропрограмме. Непосредственно за командой в АПН поступают загружаемые данные. Они упаковываются на информационном регистре АПН и затем пересылаются сервисной микропрограммой в заданные регистры процессора. Могут существовать отдельные сервисные программы для загрузки буфера команд, регистров общего назначения и т. д. Возможно, но нецелесообразно составлять универсальные программы загрузки. Сервисные микропрограммы должны быть по возможности простыми и требовать минимального работоспособного «ядра» аппаратуры, которое следует тестировать с помощью элементарных микротестов. Сервисная микропрограмма заканчивается остановом синхронизации, блокировкой выполнения микроприказов и передачей управления АПН. Затем, используя цепочки команд установки, возможна выполнение более сложных микротестов.

Команда ПУСК СИНХРОНИЗАЦИИ позволяет включить синхронизацию на заданное количество тактов (до 256).

Однобайтовая команда ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧИХ МИКРОПРОГРАММ позволяет передать управление какой-либо рабочей микропрограмме, адрес входа которой определяется командами установки, и протактировать рабочие алгоритмы выполнения команд процессора, начиная от команды ПУСК СИНХРОНИЗАЦИИ с количеством тактов 1. Последний режим позволяет снизить трудоемкость разработки микротестов и частично автоматизировать этот процесс. Для этого создана экспериментальная система генерации, которая на исправной ЭВМ по команде ДИАГНОСТИКА регистрирует по тактам отдельные команды или сочетания команд процессора. Полученная информация селектируется и используется для автоматического получения наборов микротестов.

Система команд АПН содержит ряд вспомогательных команд:

СБРОС РЕГИСТРА МИКРОКОМАНДЫ;

ИМИТАЦИЯ КНОПОК — для микротестов, проверяющих схемы ручных операций пульта инженера;

КОНЕЦ МИКРОТЕСТА — для организации зацикливания в случае ручной диагностики;

УСТАНОВИТЬ ТЕСТИРОВАНИЕ ИЗ БУФЕРА — задается режим загрузки микротеста в буфер на 512-й байт и его циклическое выполнение. Альтернативный режим — считанный с пультавого накопителя микротест сразу однократно выполняется;

ИМИТАЦИЯ НЕПРАВИЛЬНОЙ ЧЕТНОСТИ — для проверки схем контроля.

АПН ЭВМ ЕС-1045 выполняет систему команд по своей структуре достаточно похожую на описанную выше для ЭВМ ЕС-1060. Кроме того, АПН ЭВМ ЕС-1045 используется для проверки отдельных ТЭЗов, причем проверочные тесты вводятся с пультавого накопителя. Этот режим работы АПН называется режимом автотестера.

Наконец, АПН ЭВМ ЕС-1045 управляет и автоматическим переключением режимов

профилактического контроля электропитания, обеспечивая совместно с устройством автоматической системы контроля и диагностики электропитания прохождение микротестов при отклонении номиналов вторичных источников электропитания.

В ЭВМ ЕС-1035 нет специальной системы команд АПН. Микротесты представляют собой фрагменты микропрограмм и загружаются с пультавого накопителя непосредственно в управляющую память микропрограмм.

Значительные трудности связаны с разработкой и отладкой самих микротестов. В связи с большим объемом микротестов для этих целей требуются специальные средства автоматизации. Для ЭВМ ЕС-1060 разработан символический язык МД60 микротестов процессора. Транслятор с МД60 в кодах команд АПН выдает распечатку (листинг) микротестов и формирует носитель данных на кассетной ленте. В транслятор введены средства внесения изменений с дисплея.

Язык МД60 сделан по типу языка Ассемблера ЕС ЭВМ, в том числе обеспечен и макроаппаратом. Последний существенно облегчает написание микротестов. Переменными в языке МД60 являются мнемонические наименования регистров и триггеров, принятые в технической документации. Перечень основных операторов языка МД60 и их функции приведены в табл. 28.

Таблица 28

Оператор	Функции оператора
СБР	Транслируется в команду ИМИТАЦИЯ КНОПОК с признаком сброса процессора
СРМК	Транслируется в команду СБРОС РЕГИСТРА МИКРОКОМАНДЫ
УСТ	Транслируется в серию команд установки без выполнения. В качестве операндов используются наименования полей регистра микрокоманды и значения, в которые их надо установить
УСТВ	Аналогичен оператору УСТ, транслируется в команды установки с выполнением
КТ	Транслируется в команду ПУСК СИНХРОНИЗАЦИИ. Операнд задает в десятичном виде количество тактов
ОПР	Транслируется в серию команд байтового и битового опроса. Структура операндов подобна структуре операндов оператора УСТ. Например PAB (0—7)=FF означает, что при опросе регистра PAB его эталонное значение должно быть равно FF

Макроаппарат языка МД60 спроектирован на базе макросредств Ассемблера. Используются символы SET и внутренние макрокоманды. Определены команды условной компиляции SETA, LCLA, AIF, AGO, ANOP.

#### 6.4. КОМАНДА ДИАГНОСТИКА

В системе команд процессоров ЕС ЭВМ-2 точно так же, как и в ЕС ЭВМ-1, имеется специальная моделезависимая команда ДИАГНОСТИКА, предназначенная для расширения возможности программного контроля и диагностики. Функции ДИАГНОСТИКИ различны в зависимости от модели, но, в то же время, имеют общие характерные свойства.

Это, прежде всего имитация аппаратных ошибок для проверки схем контроля и повторения. Команда ДИАГНОСТИКА использует управляющее слово, отдельные разряды которого устанавливают режим инверсии четности в тех или иных точках процессора. Режим инверсии может устанавливаться на длительное время до следующей команды ДИАГНОСТИКА либо на 2—3 машинных такта. Последнее нужно при проверке схем повторения для имитации сбоя. С помощью управляющего слова также обеспечивается запись неправильной информации в оперативную память для проверки схем кода Хэмминга. Имеется возможность включать и отключать коррекцию по коду Хэмминга, например при обнаружении неисправности в схемах контроля. Вообще включение и отключение какого-либо оборудования процессора являются характерной функцией команды ДИАГНОСТИКА. С ее помощью может

осуществляться частичное или полное отключение буферной памяти, буфера транслятора, блоков ускорения операций и другого оборудования.

Команда ДИАГНОСТИКА также задает режимы контроля или диагностики каналов. При этом обеспечиваются проверка схем контроля, отключение интерфейса от периферийных устройств и замыкание его через регистр имитации, расположенный в канале. Возможно отключение и интерфейса канал — оперативная память. Диагностика каналов, если они встроены в процессор, осуществляется таким же образом, как и процессора. Если канал выполнен как самостоятельное устройство, то его диагностика осуществляется но тактам синхронизации с опросом внутренних контрольных точек.

В ЭВМ ЕС-1045 команда ДИАГНОСТИКА позволяет задавать адрес памяти микропрограмм и количество требуемых для исполнения микрокоманд, тем самым обеспечивается возможность реализации (для целей тестирования) фрагментов микропрограмм, которые загружаются с пультажного накопителя.

С помощью команды ДИАГНОСТИКА может осуществляться регистрация состояния процессора в заданный момент времени. С этой целью, например, в ЭВМ ЕС-1060 в управляющем слове команды определено поле в два байта для счетчика синхроимпульсов. При работе в данном режиме команда ДИАГНОСТИКА загружает двухбайтовый счетчик, который вычитает единицу с каждым импульсом основной синхронизации. При обнулении счетчика вырабатывается фиктивный сигнал ошибки, регистрируется состояние процессора и происходит выход на прерывание по машинной ошибке. Таким образом, можно осуществить «покадровую» съемку выполнения отдельной операции или группы операций. На рис. 39 представлен алгоритм «покадровой» регистрации состояния процессора

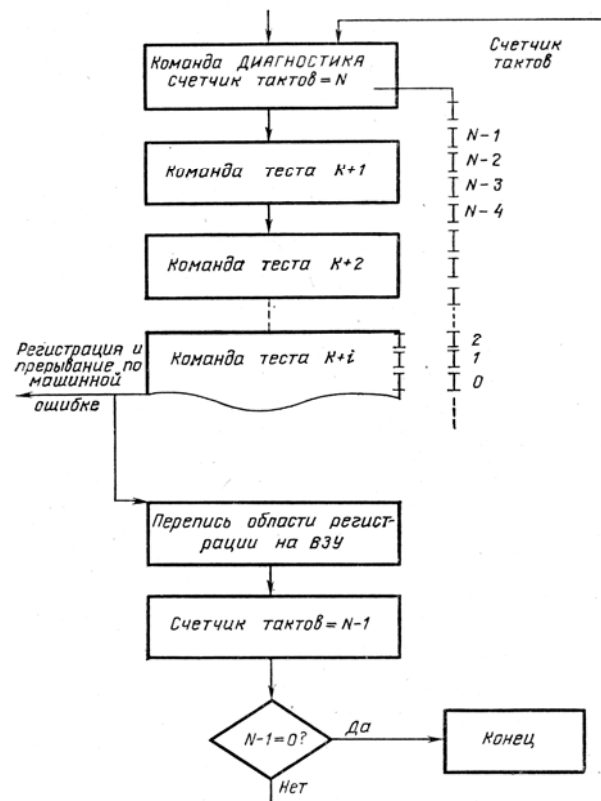


Рис. 39. Блок-схема программы получения эталонных результатов

на некоторой последовательности команд. «Кадры» регистрации последовательно накапливаются на ВЗУ.

На основе полученной информации можно построить программу диагностики оборудования, выходящего за пределы «ядра» (в данном случае в качестве «ядра» требуется оборудование, позволяющее выполнять алгоритм, представленный на рис. 40, т. е.

операторы, помеченные \*). Данная программа с помощью команды ДИАГНОСТИКА осуществляет потактовое «фотографирование» последовательности команд теста («команда 1», «команда 2», «команда  $i$ ») и сравнение полученных кадров с эталонной информацией, полученной ранее на исправной ЭВМ.

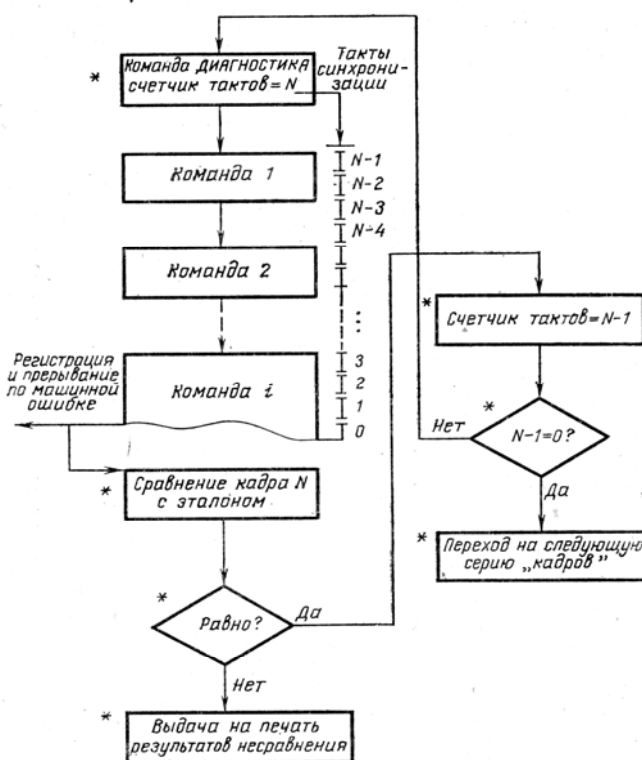


Рис. 40. Блок-схема программы диагностики

## 6.5. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

Программные средства контроля и диагностики делятся на автономные и неавтономные.

Неавтономные программы работают под управлением операционных систем параллельно с решением задач пользователя в мультипрограммном режиме. Тестируемое периферийное устройство переводится в режим off-line для задач пользователя и выдается задание на выполнение тех или иных тестовых секций данного устройства. Неавтономные тесты позволяют эффективно проводить профилактику ЭВМ и их ремонт, не снижая существенно производительности ЭВМ в целом. Это относится в первую очередь к ЭВМ с большим набором периферийных устройств, среди которых есть дублирующие. Кроме того, с помощью неавтономных тестов удобно проводить профилактику периферийных устройств, работающих в системе эпизодически (графопостроителей, оптических читающих устройств и др.). Основная цель неавтономных тестов — существенно уменьшить время на профилактику ЭВМ и тем самым повысить коэффициент технического использования оборудования.

Автономные тестовые программы как ЕС ЭВМ-1, так и ЕС ЭВМ-2 входят в комплект программ ТЕСТ-МОНИТОР ЕС (ТМЕС). Комплект включает тестовую управляющую программу ТМЕС, сервисные программы для формирования и обслуживания носителей комплекта (ленты, диски, перфокарты) и набор тест-секций всех устройств, в том числе и центральных.

Управляющая программа воспринимает простой и удобный язык заданий, обеспечивает стандартную выдачу сообщений оператору и имеет набор сервисных подпрограмм, облегчающих программирование тест-секций. Управляющая программа составлена так, что используется только 40 простейших команд (из 183), требующих минимального работоспособного аппаратного «ядра» процессора и тракта ввода.



Для обеспечения работоспособности управляющей программы процессор и минимальный тракт ввода с магнитной ленты проверяются на так называемом базовом тесте. Последний проверяет упомянутые выше 40 команд и тракт ввода с магнитной ленты только в режиме чтения.

На базовом тесте сообщения на печать не выдаются. Неправильное выполнение тестовых примеров индицируется заикливанием команды безусловного перехода самой на себя или останом по сигналам ошибок от схем контроля. Далее обслуживающим персоналом проводится анализ по индикации инженерного пульта и при необходимости применяется система микротестов (см. п. 6.3).

В набор автономных программ, загружаемых непосредственно с носителя ВЗУ, могут входить всякого рода измерительные программы однократного использования, например программы для определения производительности процессора и каналов, проверки точности таймеров, проверки скорости вращения дисков и пр.

Как перспектива развития программного тестового обеспечения планируется создание системы комплексного автоматического тестирования (СКАТ) для ЕС ЭВМ-2. Характерной особенностью СКАТ является параллельное тестирование периферийных устройств методом «раскрутки»: устройства последовательно подключаются в параллельную работу. Если  $n$  устройств уже работает и при запуске  $n+1$ -го устройства в системе появляется ошибка, то СКАТ путем останова и повторного пуска среди  $n+1$  устройств определяет минимальную конфигурацию, в которой еще сохраняется ошибка. В минимальной конфигурации легче локализовать источник ошибки. Как правило, это сложные интерфейсы ошибки, возникающие при параллельной работе устройств. Во время работы СКАТ процессор решает фоновые тестовые задачи. СКАТ по режимам работы приближается к работе операционных систем и в то же время имеет средства тестирования («раскрутка», трассировка событий до ошибки, программные остановы по заданным условиям и др.). Применение системы комплексного автоматического тестирования, которая является автономной системой, позволяет за 5—10 мин проверить ЭВМ с большим набором периферийных устройств ввода-вывода.

Вторым перспективным направлением развития программного тестового обслуживания является тенденция иметь один (а не два) набор тест-секций для периферийного устройства как в системе автономного, так и в системе неавтономного тестирования. Это приведет к внедрению новых управляющих программ в ТЕСТ-МОНИТОРЕ и операционных системах.

Третье направление связано с повышением диагностических свойств программных тестов. Это потребует введения в устройство дополнительных аппаратных диагностических режимов.

## 6.6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭВМ

При техническом обслуживании ЭВМ в случае профилактических и регламентных работ, а также при возникновении неисправностей используются все аппаратно-программные средства контроля и диагностики, характерные для ЕС ЭВМ-2:

аппаратный контроль и усовершенствованная система обработки сигналов машинных ошибок;

аппаратное повторение команд по сбюю;

система микродиагностики;

команда ДИАГНОСТИКА;

программное тестирование;

аппаратные средства восстановления каналов и устройств ввода-вывода;

программные средства восстановления операционных систем.

Ежедневные регламентные работы включают проверку ЭВМ на базовом тесте и ограниченном наборе тест-секций ТМЕС. Проверяется конфигурация, достаточная для запуска ОС ЕС и начального пакета задач пользователя. Допроверка необходимой на

текущие сутки конфигурации проводится на неавтономных тестах под управлением ОС ЕС.

Неисправность может быть обнаружена либо во время проведения регламентных работ, либо в рабочем режиме. При отказе периферийного устройства неисправность пытаются найти с помощью неавтономных тестов. Для этого устройство переключается в автономный режим, тестируется автономными средствами через пульт устройства и вновь подключается для проверки в систему. Если нет возможности отремонтировать периферийное устройство с помощью неавтономных тестов, то либо ремонт откладывается до очередных регламентных работ (если это возможно), либо поиск неисправности ведется на тест-секциях ТМЕС, в результате чего прекращается решение задач пользователя на ЭВМ.

Отказы центральной части (процессора, оперативной памяти, каналов), как правило, приводят к отказу ЭВМ. В некоторых случаях, когда можно работать с уменьшенным объемом памяти или без некоторого числа каналов, возможно продолжение работы. При отказе процессора для поиска места неисправности выполняется базовый тест и набор тест-секций ТМЕС.

Если обслуживающий персонал имеет какую-либо предварительную информацию о неисправности, то выполняется целенаправленный набор тест-секций в определенном порядке. Тест-секции дают локализацию с точностью до блока, команды, режима. Затем выборочно применяется система микротестов. И в самом необходимом случае — переход на ручную диагностику с использованием либо микротестов, либо базового теста, либо тест-секций (индикация, потактный режим, временные логические анализаторы и пр.).

Информация от средств восстановления операционной системы используется инженером для прогнозирования источника сбоев и дальнейшего планирования очередных регламентных работ.

Важнейшее место в развитии вычислительной техники занимает программное обеспечение, которое во многом определяет возможности технических средств. Роль программного обеспечения в расширении сферы применения и эффективности использования ЭВМ является решающей. Именно этим объясняется тот факт, что соотношение стоимости разработки технических средств и программного обеспечения неуклонно и постоянно изменяется в сторону последнего.

В настоящее время уже накоплен и продолжает быстро расти значительный фонд программ пользователей, что должно учитываться не только при создании новых систем ЭВМ, но и при выборе направлений развития программного обеспечения. Поэтому при разработке ЕС ЭВМ-2 значительное внимание было уделено совершенствованию программного обеспечения ЕС ЭВМ.

. Систему программного обеспечения ЕС ЭВМ составляют операционные системы, пакеты прикладных программ (ППП) и программы технического обслуживания.

Основное назначение операционных систем состоит в увеличении эффективности использования ресурсов вычислительной установки и повышении удобства общения оператора с ЭВМ. Широкое распространение в ЕС ЭВМ получили операционная система ОС ЕС и дисковая операционная система ДОС ЕС, которые подробно рассматриваются в данной главе.

Кроме того, в данной главе рассмотрены состав и назначение ППП, которые расширяют возможности операционных систем и ориентированы на решение конкретных задач пользователя.

Программы технического обслуживания предназначены для определения технического состояния ЭВМ как в режиме профилактики, так и в режиме выполнения заданий (см. гл. 6).

### 7.1. РАЗВИТИЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОС ЕС

Операционная система ОС ЕС предназначена для использования в средних и старших моделях ЕС ЭВМ. Ее развитие при разработке ЕС ЭВМ-2 определяет:

- расширение сферы услуг, предоставляемых пользователю ЭВМ;
- повышение эффективности собственно программных средств;
- повышение эффективности и надежности использования возможностей технических средств.

В рамках ЕС ЭВМ-2 расширение сферы услуг выражается в следующем:

- развитии мультипрограммирования;
- расширении состава базовых структур данных и стандартизованных способов работы с этими структурами;
- развитии обеспечения телеобработки;
- усовершенствовании средств отладки программ, а также средств контроля за работой вычислительной системы.

Принципиально важным для ЕС ЭВМ-2 является введение виртуализации одного из основных ресурсов вычислительной системы-основной (оперативной) памяти. В ЕС ЭВМ-2 виртуальная память объемом до 16 Мбайт предоставляется всем одновременно выполняемым шагам заданий и распределяется между ними динамически. Применение виртуальной памяти для взаимной защиты заданий друг от друга, а также защиты

управляющей программы операционной системы от заданий позволило увеличить количество одновременно выполняемых заданий и тем самым повысить степень мультипрограммности.

Развитие мультипрограммирования в сочетании с усовершенствованием средств и методов телеобработки позволило создать режим разделения времени, обеспечивающий коллективный доступ к вычислительным ресурсам ЕС ЭВМ. Кроме того, на базе развитых возможностей телеобработки пользователю предоставлена возможность удаленного ввода заданий.

С точки зрения программного обеспечения переход от ЕС ЭВМ-1 к ЕС ЭВМ-2 осуществился путем эволюционного развития операционных систем ОС ЕС и ДОС ЕС, а также накопления фонда прикладных программ.

Операционная система ОС ЕС развивалась в следующих направлениях:

введен новый вариант управляющей программы —SVS (режим виртуальной памяти), который предоставляется с вариантами MFT и MVT, имевшимися в ЕС ЭВМ-1;

во всех вариантах управляющей программы ОС ЕС используется новый общий телекоммуникационный метод доступа — ОТМД;

во всех вариантах управляющей программы обеспечен режим разделения времени (CPB) и диалоговый удаленный ввод заданий (ДУВЗ);

во всех вариантах управляющей программы используются ВЗУ на магнитных дисках ЕС ЭВМ-2: 100 Мбайт и 200 Мбайт с секторным поиском;

в варианте SVS пользователю предоставлен новый вид организации данных на ВЗУ прямого доступа и соответствующий метод доступа — виртуальный метод доступа VSAM;

для обеспечения отладки программ пользователя и расширения возможностей операционной системы разработана и включена в ОС новая компонента — Монитор динамической отладки (DDM);

для прослеживания работы отдельных программ и получения статистических данных о работе системы разработана и включена в ОС новая компонента — Универсальное средство трассировки (УСТ).

Для использования в полном объеме преимуществ новых функциональных возможностей ЕС ЭВМ меры повышения надежности, устойчивости против сбоев приняты также и на уровне программного обеспечения. В ОС ЕС развиты существующие и включены новые программные средства восстановления и регистрации сбоев, расширены возможности динамической реконфигурации периферийных устройств и выбора альтернативных путей доступа к периферийным устройствам. Разработаны и включены в соответствующие компоненты ОС программы для обработки специфических ошибок периферийных устройств ЕС ЭВМ-2.

Решению проблемы надежности, а также удовлетворению растущих требований к производительности вычислительных систем служит также включение в ОС средств построения многомашинных конфигураций.

## 7.2. ОБЩАЯ СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ОС ЕС

С развитием технических средств обработки информации тесно связано развитие операционных систем, ориентированных на конкретные структурные и функциональные возможности центральных процессоров и позволяющих эффективно решать стоящие перед пользователем проблемы.

Операционная система ОС ЕС является неотъемлемой частью вычислительной системы и представляет собой программное расширение аппаратных средств ЭВМ Единой системы. Она базируется на модульном принципе, позволяющем производить отбор средств для конкретной вычислительной системы в соответствии с требованиями пользователей. Процесс настройки операционной системы на

конкретное применение называется генерацией.

**Функции операционной системы ОС ЕС.** При работе с операционной системой ОС ЕС пользователь формулирует свои задачи на одном из языков программирования высокого уровня: ПЛ/1, Фортране, Коболе, Алголе, РПГ или на машинно-ориентированном языке Ассемблера и передает свою работу на вычислительный центр в форме задания, состоящего из последовательности отдельных работ, связанных с выполнением определенных программ ОС ЕС. Операционная система выполняет задания в три этапа:

- подготовка к обработке задания;
- выполнение отдельных шагов обработки задания;
- вывод результатов.

На основе задания операционная система формирует последовательность задач, составляющих отдельные единицы работ для ОС ЕС. Операционная система оптимизирует использование ресурсов вычислительной установки, совмещая во времени обработку нескольких задач, принадлежащих различным заданиям. Сама операционная система функционирует на основе задач, которые являются задачами системы. Используемый принцип совмещения выполнения нескольких различных работ, составляющих основу режима обработки нескольких заданий, является одним из вариантов мультипрограммного режима работы.

Для выполнения заданий пользователей необходимы определенные технические ресурсы (такие, как основная память, устройства ввода-вывода и др.), а также логические ресурсы, хранимые в форме программ или файлов. Специальные компоненты ОС ЕС координируют использование всех ресурсов вычислительной системы, распределяя их между различными заданиями в соответствии с запросами и приоритетом (управление заданиями). Запросы на ресурсы вычислительной системы являются составной частью задания и формулируются на языке управления заданиями.

После выборки задания из очереди ожидающих обработки заданий выделяются необходимые ресурсы. Задание вводится в основную память и переводится в список активных заданий. Выполнение основных задач, одновременно находящихся в основной памяти, контролируется специальными программами операционной системы (управление задачами).

Результаты работы, появляющиеся при выполнении заданий в форме данных, предназначенных для медленно работающих устройств (устройств печати, перфоратора, вывода на микрофильмы), могут предварительно накапливаться в памяти с прямым доступом. Вывод накопленной информации на требуемые устройства осуществляется после завершения задания под управлением программ системного вывода.

Структура ОС ЕС. Операционная система ОС ЕС состоит из управляющей программы и набора обрабатываемых программ (рис. 41). Управляющая программа, предназначенная для управления процессором обработки данных в вычислительной системе, состоит из следующих компонент:

- управления заданиями;
- управления задачами;
- управления данными;
- средств диагностики.

Обрабатываемые программы — это трансляторы и сервисные программы, поставляемые разработчиком программного обеспечения, а также программы, написанные пользователями ЭВМ.

Существует несколько различных конфигураций управляющей программы, которые могут быть сформированы во время генерации:

- управляющая программа с фиксированным числом задач — режим MFT;
- управляющая программа с переменным числом задач — режим MVT;
- система с виртуальной памятью — режим SVS.

В режиме MFT могут выполняться одновременно несколько заданий. Вся основная память, за

исключением области для ядра операционной системы, разделена на разделы фиксированного размера. Число разделов, равное числу одновременно выполняемых заданий, а также размеры разделов определяются при генерации системы. Оператор ЭВМ имеет возможность уменьшить число разделов и изменить их размеры.

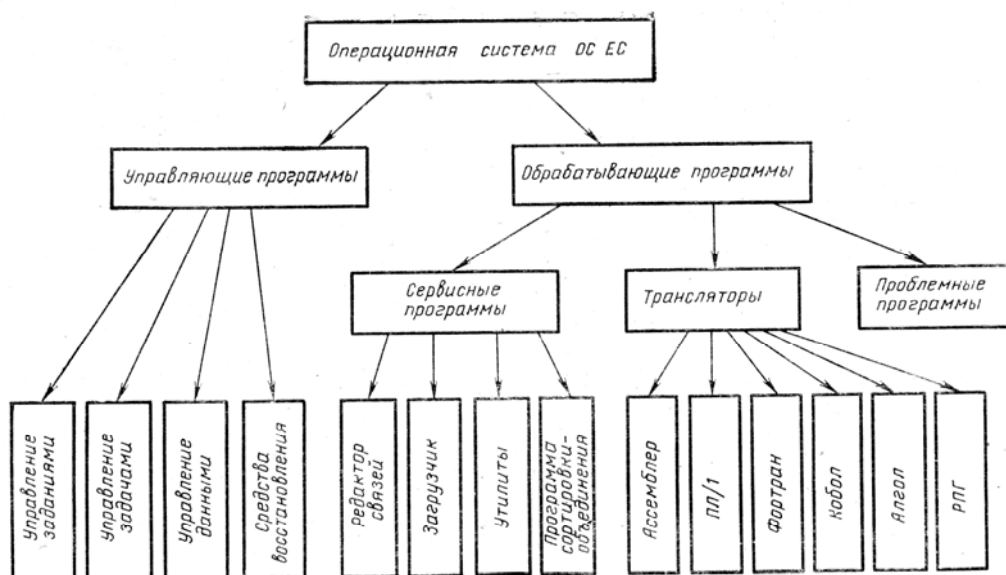


Рис.41. Структура операционной системы ОС ЕС

В режиме MVT количество одновременно выполняемых заданий может изменяться динамически. Для каждого пункта задания отводится раздел памяти, размер которого также может изменяться от задания к заданию.

Максимальное число разделов, используемых для обработки заданий в режимах MFT и MVT, равно 15 и все разделы имеют различные значения ключей защиты.

В режиме SVS число разделов неограничено в отличие от режима MVT и MFT. Это обеспечивается тем, что для защиты основной памяти используются не только ключи защиты, но и структура динамической адресации. Число разделов, в которых выполняются задания, зависит от числа работающих инициаторов. Другие ограничения на число одновременно выполняемых заданий в режиме SVS рассматриваются в п. 7.3.

Принципы функционирования режима SVS подробно рассматриваются в п. 7.3.

**Режимы работы операционной системы.** Режим работы определяет основную организацию процесса обработки с помощью ЭВМ. Операционная система ОС ЕС может использоваться в двух режимах: в пакетном и коллективного пользования.

Работа в пакетном режиме обеспечивает непрерывное и эффективное применение ЭВМ. Однако время от момента получения задания от пользователя до предоставления ему результатов может оказаться значительным.

Пользователь, работающий в режиме коллективного пользования, непосредственно связан с ЭВМ и управляет обработкой с терминала, что существенно сокращает время получения результатов выполнения заданий. Операционная система ОС ЕС предоставляет следующие средства для работы в режиме коллективного пользования:

- диалоговый удаленный ввод заданий (ДУВЗ);
- система разделения времени (СРВ).

**Управление заданиями.** Средства управления заданиями осуществляют ввод заданий пользователя в систему и выполняют все действия, связанные с распределением ресурсов, выполнением заданий и выводом результатов на устройства ввода-вывода. В соответствии с выполняемыми функциями программные средства управления заданиями разделяются на планировщик заданий, который осуществляет прием и обработку заданий, подготовленных пользователем на языке управления

заданиями, и на главный планировщик, являющийся средством общения оператора ЭВМ и операционной системы ОС ЕС. Задания, поступающие на обработку с удаленных терминалов, контролируются не планировщиком заданий, а соответствующими программами, входящими в состав средств коллективного пользования.

С помощью языка управления заданиями программист планирует обработку задания и запрашивает необходимые для этого ресурсы. Основу языка составляют оператор задания JOB, оператор 1 пункта задания EXEC и оператор определения данных DD. С помощью оператора JOB задаются имя задания, его класс и приоритет. Имя задания используется для идентификации задания в процессе общения оператора с операционной системой. Класс задания влияет на процесс формирования входной очереди, а приоритет определяет порядок поступления заданий из очереди данного класса на обработку. В операторе задания указываются также размер необходимой для выполнения задания области памяти и ряд других параметров, задающих режимы выполнения задания. С помощью оператора EXEC указывается подлежащая выполнению программа; или процедура. Процедура состоит из заранее подготовленных операторов управления заданиями, которые можно модифицировать при обращении. Каждое задание может содержать несколько операторов EXEC. Для каждого набора данных, который должен быть обработан или сформирован во время выполнения пункта задания, необходимо предусмотреть оператор DD, в котором кодируются характеристики набора данных, тип и число запрашиваемых устройств ввода-вывода.

Обработка заданий в операционной системе осуществляется в несколько этапов. На первом этапе программа чтения-интерпретации, являющаяся компонентой планировщика заданий, считывает поток заданий с устройства ввода и формирует входную очередь в соответствии с классом и приоритетом заданий. Если во входном потоке среди операторов языка управления заданиями содержатся входные данные, то они помещаются на хранение во внешнюю память с прямым доступом. Ввод заданий в систему может осуществляться одновременно несколькими входными потоками с различных устройств ввода-вывода. Задания, в которых обнаружены ошибки в языке управления заданиями, исключаются из дальнейшей обработки.

Другая компонента планировщика заданий — инициатор — выбирает задания из входной очереди в соответствии с классом и приоритетом, выделяет необходимые ресурсы и запускает на обработку, осуществляя в дальнейшем планирование каждого последующего пункта задания. Параллельное выполнение нескольких работ обусловлено запуском нескольких инициаторов, каждый из которых обслуживает задания вполне определенных классов. Результаты работы каждого задания направляются в определенные выходные классы. Для каждого выходного класса оператор назначает программу системного вывода и соответствующее внешнее устройство. Работа программ системного ввода, системного вывода и обработка заданий осуществляются параллельно, что обуславливает высокую степень автоматизации процесса обработки заданий и высокую пропускную способность операционной системы.

При обработке заданий с помощью подсистемы ввода заданий (КРОС) повышение скорости обработки заданий предусмотрено за счет предварительного чтения входного потока и размещения его в памяти прямого доступа. Интерпретация операторов осуществляется в момент выборки заданий на обработку. В результате устройство ввода заданий работает с максимальной скоростью (рис. 42). После выделения необходимых ресурсов загружается проблемная программа, которая получает управление. Выходные наборы данных накапливаются в памяти прямого доступа. КРОС обеспечивает вывод выходных массивов и системных сообщений на соответствующем устройстве вывода.

Пользователь может управлять выводом с помощью параметров операторов DD или

через команды оператора ЭВМ.



Рис. 42. Структура системы КРОС

При загрузке операционной системы и в процессе ее работы осуществляется общение между оператором ЭВМ и операционной системой. Операционная система запрашивает данные о действиях оператора и решениях относительно смены и монтажа носителей данных, сообщает о состоянии устройств ввода-вывода. Оператор в свою очередь имеет возможность контролировать работу системы, запрашивая информацию о ее состоянии, изменять параметры системы и отдельных заданий, чтобы повысить эффективность ее работы. С помощью соответствующих команд оператор запускает программы системного ввода и вывода, программы-мониторы, режим коллективного пользования.

Связь между системой и оператором реализует главный планировщик. При генерации операционной системы может быть выбран как одноконсольный, так и многоконсольный режим его функционирования. В последнем случае обеспечивается возможность использования до 32 устройств, работающих в качестве консолей. При этом одно устройство должно быть выбрано как основное, так как определенные команды могут передаваться только через это устройство.

**Управление задачами.** Операционная система ОС ЕС обеспечивает эффективное прохождение задач пользователя благодаря работе в режиме мультипрограммирования. Средства мультипрограммирования операционной системы, позволяющие одновременно решать несколько задач по обработке данных, дают возможность этим задачам совместно использовать ресурсы вычислительной системы. Пункты, принадлежащие одному и тому же заданию, выполняются строго последовательно. Совмещение выполнения возможно только для пунктов разных заданий. Однако внутри одного пункта можно образовать несколько задач или подзадач, которые будут выполняться одновременно друг с другом и с другими задачами. Эффективность обработки существенно повышается за счет использования параллельно используемых программ, которые могут обслуживать одновременно несколько различных задач, что экономит основную память (достаточно иметь в памяти единственную копию программы) и сокращает время загрузки программы.

Основу программных средств управления задачами составляет супервизор. Часто используемые программы супервизора операционной системы ОС ЕС входят в состав ядра, которое постоянно находится в основной памяти. Остальные программы загружаются в основную память по мере необходимости. Основная функция супервизора заключается в обслуживании других программ операционной системы, а также программ пользователей ЭВМ. Супервизор предотвращает непредусмотренное влияние программ друг на друга и на работу управляющей программы, используя средства защиты памяти и осуществляя полный контроль за операциями ввода-вывода.

При работе в мультипрограммном режиме, реализуемом на однопроцессорной вычислительной установке, в каждый момент времени может обрабатываться процессором максимум одна задача. Такая задача называется активной. Выбор активной задачи из списка готовых осуществляется на основе приоритета в



соответствии с алгоритмом диспетчирования. Если активная задача не может использовать процессор, например, ожидая результата операции ввода-вывода, или когда становится работоспособной задача более высокого приоритета, выбирается новая задача, которая переводится в активное состояние.

Программа управления задачами получает управление процессором после прерываний. Причиной прерываний может быть появление события, которого дожидается одна из задач. При обработке прерывания информация, необходимая для возобновления работы прерванной программы, сохраняется. Последующая обработка существенно зависит от причины прерывания. Например, при режиме виртуальной памяти в случае прерывания из-за отсутствия нужной страницы в основной памяти начинает работу механизм поиска и загрузки требуемой страницы в основную память. Прерывание может происходить в результате специального запроса на средства супервизора из другой программы операционной системы или из программы пользователя ЭВМ.

**Управление данными.** Стандартные программы управления данными ОС ЕС выполняют задачу поддержки программ пользователей при обработке данных. Учитывая, что вся операционная система хранится в наборах данных на томах внешней памяти, средства управления данными, организуя обмен информации между внешней и основной памятью, играют ключевую роль в организации управляющих и обрабатываемых процессов в вычислительной системе;

Управление данными осуществляет управление операциями ввода-вывода, первичную обработку данных, совмещение операций ввода-вывода с обработкой, распределение наборов данных на томах внешней памяти, защиту наборов данных от несанкционированного доступа. Операционная система имеет каталог, который используется средствами управления данными для идентификации и поиска любого набора данных. Рост числа программ и данных в процессе эксплуатации системы приводит к увеличению объема каталога системы.

Набор данных — это совокупность логически связанных записей, имеющая определенную структуру. Операционная система предоставляет пользователю возможность использовать записи фиксированной, переменной и неопределенной длины (рис. 43). Запись рассматривается как наименьшая логическая единица информации, перемещающаяся между программой и средствами управления данными. Для повышения эффективности передачи информации и более полного использования поверхности магнитных носителей несколько логических записей объединяются в один блок, который записывается на носителе или считывается с носителя за одно обращение к средствам ввода-вывода. Функции блокировки и разблокировки записей реализуются программами управления данными. Способ блокировки зависит от типа применяемых данных. При использовании записей фиксированной длины размер блока, как правило, кратен размеру записей, а в случае записей переменной

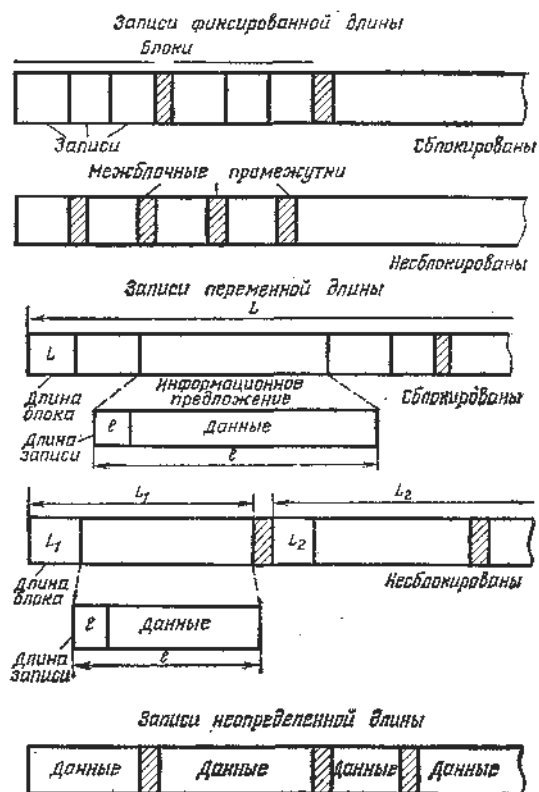


Рис. 43. Записи фиксированной, переменной и неопределенной длины

длины в блок вводится дополнительное поле, характеризующее суммарную длину блока. Длина записи переменной длины содержится в начальных байтах каждой записи.

Характеристики набора данных обычно записываются во внешней памяти вместе с самим набором данных и отражают организацию набора данных, его местоположение и объем.

В операционной системе предусмотрен обширный набор программ ввода-вывода (программ методов доступа), которые освобождают программиста от написания программ доступа к наборам данных. Эти программы автоматически выполняют такие функции, как совмещение обработки данных с операциями ввода-вывода, подготовку и проверку меток томов и наборов данных. Вместе с использованием программ управления данными операционной системы ОС ЕС программист имеет возможность написать свои собственные программы канала и программы управления областями ввода-вывода. Программист может запросить данные аналогичным способом независимо от особенностей конкретного устройства ввода-вывода.

Операционная система ОС ЕС допускает следующие типы организации набора данных: последовательную, прямую, библиотечную, индексно-последовательную и телекоммуникационную. Отметим также организации, связанные с созданием микрофильмов, и обобщенную форму организации файлов на устройствах с прямым доступом, характерную для устройств емкостью 100 и 200 Мбайт.

Последовательная организация наборов данных, характерная для большинства существующих устройств, ориентирована на последовательную, без пропусков обработку записей.

В индексно-последовательных наборах данных записи упорядочены в соответствии со значением ключа, который предшествует каждой записи. Обработка записей такого набора данных может осуществляться как последовательно, так и выборочно. В последнем случае необходимо указать ключ требуемой записи. Аналогичные возможности предоставляет прямая организация набора данных, допускающая произвольное значение ключа записи.

Набор данных с библиотечной организацией состоит из совокупности последовательно организованных разделов. В начале набора данных находится оглавление. Запись в оглавлении выбирается по ключам, а в пределах раздела — последовательно. Эта форма организации применяется для хранения программных библиотек и групп логически взаимосвязанных последовательных массивов данных.

Наборы данных с библиотечной, прямой и индексно-последовательной организацией могут существовать только на устройствах с прямым доступом.

Сообщения, передаваемые по каналам связи и находящиеся в буфере ввода-вывода, не отличаются от обычных данных, полученных от локальных устройств, и для очередей сообщений предусмотрено телекоммуникационная организация.

Средства управления данными предусматривают два способа доступа к данным: способ доступа с очередями, максимально автоматизирующий выполнение операций ввода-вывода, и базисный способ, позволяющий программисту непосредственно участвовать в управлении операциями ввода-вывода. Способ доступа с очередями осуществляет автоматическую синхронизацию программ обработки и выполнения операций ввода-вывода.

Метод доступа можно определить как совокупность организации набора данных и способа доступа, используемого для обработки набора данных. Базисные методы доступа предназначены для всех типов организации наборов данных, а методы доступа с очередями — только к последовательным, индексно-последовательным и телекоммуникационным наборам данных. Перечень методов доступа, обеспечиваемых операционной системой ОС ЕС во всех режимах управляющей программы, приведен в табл. 29.

Таблица 29

Организация набора данных (доступы)	Метод обращения	
	базисный	с очередями
Последовательный	Последовательный метод BSAM	Последовательный QSAM
Индексно-последовательный	Индексно-последовательный метод BISAM	Индексно-последовательный QISAM
Библиотечный	Для набора данных, организованных по разделам ВРАМ	
Прямой	Прямой доступ ВДАМ Графический метод доступа (ГМД)	
Дистанционная обработка данных	Метод выборки для дистанционной обработки данных (БТМД)	Расширенный метод доступа для дистанционной обработки данных с программой управления сообщениями (ОТМД)

Важно отметить, что графический метод доступа (ГМД) организован таким образом, что запрос на передачу данных может исходить не только от программы, но и от оператора дисплея. При дистанционной обработке данных в ГМД предусмотрена возможность идентификации сообщений, которые передаются в случайной последовательности между терминалами и основной памятью.

Методы доступа БТМД и ОТМД отличаются объемом услуг, предоставляемых пользователю. Метод БТМД, являющийся более простым и экономным, представляет ряд макрокоманд для организации ввода-вывода и преобразования сообщений. Используя эти макрокоманды, проблемная программа непосредственно участвует в управлении техническими средствами телеобработки. Метод доступа ОТМД предполагает применение специальной программы управления сообщениями, ориентированной на конкретную конфигурацию сети дистанционной обработки. В результате проблемная программа становится независимой от специфики сети дистанционной обработки.

Подробнее методы доступа БТМД и ОТМД рассматриваются в п. 7.5 и 7.6.

Для систем с виртуальной памятью разработан виртуальный метод доступа (см. п. 7.9).

**Средства восстановления.** Программные средства восстановления являются частью управляющей программы операционной системы ОС, осуществляющей обработку прерываний от схем контроля машины.

Средства восстановления обеспечивают сбор информации об ошибках системы и времени их появления, восстановление работоспособности задачи или системы после возникновения ошибки или аварийное прекращение процесса обработки, если восстановление работоспособности системы оказалось безуспешным.

Более детально средства восстановления рассматриваются в п. 7.13.

**Языки программирования.** Для составления программ пользователю операционной системы ОС ЕС предоставлены различные языки программирования: помимо машинно-ориентированного языка Ассемблера, проблемно-ориентированные языки ПЛ/1, Фортран, Кобол, Алгол, РПГ. Проблемно-ориентированные языки в большей степени приближены к разговорному языку и к математическому способу записи, чем к машинным командам. Применение проблемно-ориентированных языков для записи алгоритма делает его независимым от списка команд ЭВМ. Программа записывается в краткой форме, затраты на ее создание гораздо меньше, чем при программировании на языке Ассемблера.

Проблемно-ориентированные языки имеют определенные ограничения в отношении используемых внешних устройств и функций операционной системы, но вместе с тем они не требуют от программиста точных знаний операционной системы и специфики конкретных устройств.

Формируемые пользователем программы являются исходными данными для соответствующих трансляторов, которые преобразуют исходные данные в машинные коды.

Машинно-ориентированный язык Ассемблера максимально приспособлен к особенностям ЭВМ. Затраты на программирование по сравнению с проблемно-ориентированными языками довольно высоки. Язык Ассемблера подразделяется на базисный язык и макроязык. Для кодирования машинных команд имеются мнемонические обозначения.

ПЛ/1 является универсальным языком программирования, пригодным как для коммерческих, так и для научно-технических проблем. Широкая область применения данного языка характеризуется богатством различных типов данных. ПЛ/1 предоставляет пользователю большой набор стандартных функций. Существует несколько различных версий компилятора этого языка. Стандартный компилятор преобразует исходные операторы в машинный код, составляет протокол трансляции и сообщения об обнаруженных ошибках. С помощью оптимизирующего компилятора генерируется объектный код, приводящий к сокращению времени выполнения программы и существенному уменьшению занимаемой памяти.

Отладочная версия компилятора ПЛ/1 предназначена для работы в диалоговом режиме с возможностью проверки отдельно вводимых операторов исходного языка. Оптимизирующая и отладочная версии компиляторов ПЛ/1 могут эффективно использоваться в режиме разделения времени.

Фортран — проблемно-ориентированный язык для представления формул и расчетов в научно-технической области. Имеет простую структуру и легок в изучении. Вычислительные операции представляются в форме выражений, в которых могут выполняться арифметические и логические операции, а также операции с двоичными строками и операции сравнения.

При компиляции исходного текста формируется протокол трансляции и выдаются сообщения об обнаруженных синтаксических ошибках.

Существуют различные версии компиляторов. Компилятор Фортран СТ (стандартный) имеет дополнительные средства отладки. С помощью компилятора Фортран ОП (оптимизирующий) формируется оптимизированный машинный код.

Диалоговая версия компилятора Фортран СС предназначена для использования в режиме разделения времени, в котором могут также применяться новые расширенные версии стандартного и оптимизирующего компиляторов — Фортран SE и Фортран OE.

РПГ — проблемно-ориентированный язык, разработанный для решения простых коммерческих задач, когда требуется обработать обширные наборы данных с помощью простых операций и выдать их на печать. В качестве данных используются только алфавитно-цифровые строки и десятичные числа с фиксированной запятой. Компилятор РПГ выдает протокол трансляции, обнаруживает синтаксические ошибки и частично их исправляет. Новая расширенная версия компилятора РПГ-2 имеет средства автоотчета.

Алгол — один из первых проблемно-ориентированных языков. Программы, написанные на этом языке, имеют блочную организацию. В компиляторе поддержаны все возможности, предусмотренные в Алгол-60.

Кобол — проблемно-ориентированный язык программирования, ориентированный на коммерческое применение. Программы на этом языке обрабатывают цифровые и алфавитно-цифровые данные.

В операционной системе ОС ЕС используется компилятор Кобол, возможности которого совпадают с возможностями компилятора операционной системы ДОС ЕС.

Различия составляют лишь системно-ориентированные элементы.

Новая расширенная версия компилятора Кобол включает дополнительные средства, обеспечивающие ее эффективное использование в режиме разделения времени. Компиляторы Кобол имеют версии на английском и русском языках.

**Обслуживающие программы.** К данным программам операционной системы ОС ЕС относятся редактор связей, загрузчик, программа сортировки-объединения, утилиты ОС ЕС.

Редактор связей и загрузчик осуществляют компоновку загрузочных модулей из оттранслированных по отдельности частей (объектных модулей) и других загрузочных модулей. Входные данные для этих компонент состоят из объектных и загрузочных модулей и команд управления. В процессе компоновки формируются связи между различными частями загрузочного модуля таким образом, как будто все части программы транслировались совместно. Редактор связей и загрузчик формируют загрузочный модуль в перемещаемом виде. В процессе загрузки модуль настраивается на определенное местоположение в основной памяти.

Загрузочный модуль может иметь оверлейную структуру (структуру с планируемым перекрытием), для чего он разбивается на отдельные сегменты, загружаемые в основную память в соответствии со схемой, заданной пользователем. Это позволяет экономить необходимую для выполнения модуля оперативную память. При работе в системе с виртуальной памятью оверлейная структура теряет свое значение.

Программа сортировки-объединения предназначена для сортировки или объединения записей фиксированной или переменной длины в возрастающем или убывающем порядке. Эту программу можно использовать на языках Ассемблера, Коболе, ПЛ/1.

В состав программ-утилит ОС ЕС входят автономные программы обслуживания, системные программы обслуживания, программы обслуживания наборов данных, программы обслуживания системного программиста.

### 7.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ПАМЯТИ

Операционная система, обеспечивающая виртуальную память в ЕС ЭВМ-2, является развитием тех версий операционной системы ОС ЕС, которые используются на моделях ЕС ЭВМ-1. На основе целого ряда аппаратно-программных средств пользователю предоставляется виртуальная память емкостью в 16 Мбайт, что существенно превышает размер реальной основной памяти ЭВМ. Отметим ряд преимуществ, связанных с применением виртуальной памяти.

1. Используя виртуальную память, пользователь в меньшей степени нуждается в оверлейной структуре и разбиении задач на последовательности более мелких задач. Программы автоматически перекрываются на основе механизма страничного обмена.

2. Размер реальной памяти перестает быть критическим фактором при размещении компонент операционной системы и задач пользователя, поскольку они размещаются в виртуальной памяти. При увеличении реальной памяти вычислительной установки эффективность работы, исходя из концепции страничного обмена, автоматически возрастает.

3. Уменьшается фрагментация реальной памяти. Использование страничной организации для управления памятью устраняет фрагменты реальной памяти между разделами и внутри разделов. Фрагменты могут существовать только в виртуальной памяти. В реальной памяти фрагментация существенно снижена.

4. Реализуется достаточно эффективный аппарат динамического управления одним из основных ресурсов вычислительной установки — реальной памятью. Если задача имеет невысокую активность, то благодаря страничному обмену она будет использовать незначительное количество реальной памяти.

5. Значительно возрастает степень мультипрограммирования, поскольку в той же

реальной памяти могут быть представлены наиболее активные страницы существенно большего числа задач, чем в обычной системе.

6. Система имеет большую область для резидентных функций, которые могут использоваться одновременно многими задачами. В виртуальной памяти можно разместить большое число супервизорных программ и программ методов доступа. Если их не используют, они не занимают реальную память.

Режим виртуальной памяти поддерживается управляющей программой режима; SVS, реализующей мультипрограммирование с переменным числом задач, одновременно использующих виртуальную память.

**Виртуальная память.** Основные аспекты назначения и использования виртуальной памяти можно описать с помощью понятия адресного пространства. Существуют адресное пространство программы, понимаемое как диапазон изменения адресов ее команд и данных, и адресное пространство реальной памяти, отражающее емкость основной памяти ЭВМ. Имеется также адресное пространство вычислительной установки, характеризующее максимально возможный размер реальной памяти, который может быть подключен к вычислительной установке. Вычислительная система с 24-разрядным адресом может иметь адресное пространство в 16 Мбайт. Эта концепция адресного пространства, которая может быть во много раз больше реальной памяти, называется виртуальной памятью.

Традиционные принципы мультипрограммирования, получившие широкое распространение в вычислительных системах на базе ЕС ЭВМ-1, были основаны на том, чтобы суммарный объем адресных пространств одновременно обрабатываемых программ не превышал адресного пространства реальной памяти. Размещение программ в реальной памяти таких систем основано на концепции статического перемещения, заключающегося в преобразовании адресов программы в момент загрузки в соответствии с ее местоположением в реальной памяти. Увеличение степени мультипрограммирования сдерживалось размерами реальной памяти и наличием неиспользуемых фрагментов между разделами, занятыми задачами.

Применение виртуальной памяти основано на использовании стратегии динамического перемещения, реализуемой средствами динамического преобразования адресов (ДПА), применении сегментно-страничной организации адресного пространства и внешней страничной памяти.

**Динамическая переадресация** виртуальных адресов в реальные основана на сегментно-страничной организации виртуальной памяти. Виртуальный адрес имеет структуру  $(S, P, i)$  (см. рис. 4), где  $S$  — номер сегмента,  $P$  — номер страницы,  $i$  — указывает на конкретный адрес (смещение) внутри страницы. Под кодировку номера сегмента в ЕС ЭВМ-2 выделено 4 или 8 разрядов, поэтому в виртуальной памяти может быть или 16 сегментов размером 1 Мбайт, или 256 сегментов размером 64 Кбайт. Под кодировку смещения  $i$  может быть выделено 11 или 12 разрядов, а размер страницы составляет соответственно 2 и 4 К.

Сегменты размером 1 Мбайт могут содержать в зависимости от структуры виртуального адреса 512 или 256 страниц, а сегменты размером 64 Кбайт — 16 или 32

<i>Длина таблицы страниц</i>	<i>Адрес таблицы страниц</i>	<i>Доступ- ность</i>
--------------------------------------	----------------------------------	--------------------------

Рис. 44. Структура элемента  
таблицы сегментов

<i>Старшие разряды адреса страницы</i>	<i>Доступ- ность</i>	
--	--------------------------	--

Рис. 45. Структура элемента  
таблицы страниц

страницы. При работе аппаратных средств динамического преобразования адресов используются таблицы переадресации — одна таблица сегментов и несколько таблиц страниц. Таблица сегментов состоит из элементов, которые, как показано на рис. 44, определяют доступность сегментов, длину и адрес соответствующих таблиц страниц.

Таблицы страниц состоят из элементов, определяющих наличие страницы в реальной памяти и старшие разряды ее реального адреса. Для каждой страницы виртуальной памяти создается один элемент таблицы страниц. Структура элемента таблицы страниц показана на рис. 45.

Начальный адрес таблицы сегментов хранится в управляющем регистре 1. Таблицы сегментов и страниц должны быть зафиксированы в реальной памяти.

В процессе динамической переадресации могут возникать программные прерывания с кодами X'10', X'11', X'12', указывающие, что произошло обращение к недоступному сегменту виртуальной памяти, недоступной странице или был обнаружен неправильный адрес таблицы сегментов или таблицы страниц.

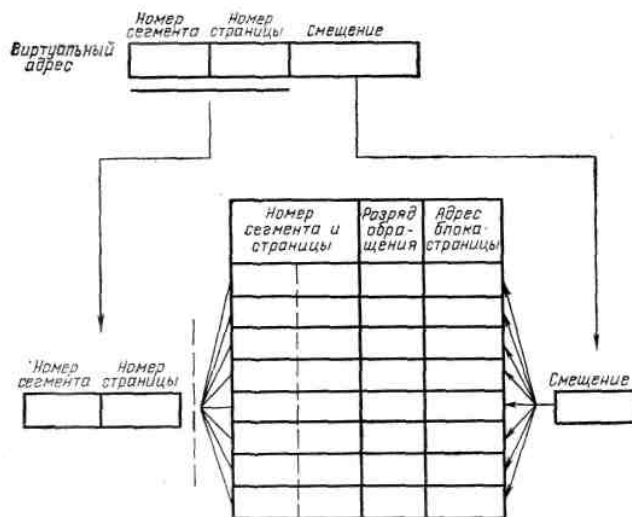


Рис. 46. Ассоциативные регистры

Для увеличения скорости преобразования предусмотрены специальные аппаратные средства. В малых моделях применяются ассоциативные регистры, а в больших — буфер быстрой переадресации. На рис. 46 показана система, состоящая из восьми ассоциативных регистров. При обращении к памяти часть виртуального адреса, содержащая номер страницы и номер сегмента, сравнивается с первой частью регистров. В регистрах содержится информация о восьми последних используемых страницах, идентифицируемых номерами их сегментов и страниц. Если имеется совпадение в одном из регистров, на основе смещения и содержимого правой части регистра формируется реальный адрес. При отсутствии совпадения преобразование осуществляется с использованием таблиц. Полученная информация о местоположении страниц в реальной памяти и соответствующие номера сегментов и страниц заносятся в один из регистров в соответствии с алгоритмом замещения.

**Внешняя страничная память.** Поскольку виртуальная память во много раз больше реальной памяти, в последней содержатся только наиболее активные страницы. Используемые страницы хранятся во внешней памяти в системном наборе данных SYS1. PAGE, который называется страничным набором данных.

Если в процессе преобразования виртуальных адресов система обнаружит, что требуемой страницы нет в реальной памяти, то копия этой страницы пересылается в реальную память. Местоположение страниц во внешней памяти отражено в специальной таблице, называемой таблицей внешних страниц.

Организация страничного обмена является одной из функций компоненты операционной системы, которая называется супервизором страниц.

**Супервизор страниц.** С точки зрения организации страничного обмена реальная память разделяется на фиксированную и странично-замещаемую (динамическую) области. Перечень доступных для обмена страниц реальной памяти и их состояние отражены в специальной таблице.

Супервизор страниц выполняет следующие основные функции:  
управление таблицей сегментов, таблицами страниц и таблицами реальных страниц;  
запуск операций, связанных с обменом страниц;  
обработку прерываний, связанных с отсутствием требуемых страниц в реальной памяти;  
управление замещением страниц в реальной памяти;  
управление интенсивностью страничного обмена.

В основе страничного обмена лежит алгоритм замещения страниц в реальной памяти.

В супервизоре страниц реализованы два алгоритма замещения, обеспечивающих общий интерфейс с компонентами ОС ЕС. Программисту-пользователю ОС ЕС предоставляется возможность включить в конкретный вариант ОС ЕС требуемый алгоритм во время ее генерации.

Преобразование программ каналов. Каналы ввода-вывода ЕС ЭВМ в отличие от центрального процессора, не могут преобразовывать виртуальные адреса в реальные. Поэтому используемые в программах каналов виртуальные адреса необходимо преобразовать в реальные программными средствами. Программы каналов с виртуальными адресами преобразуются в логически эквивалентные программы с реальными адресами. Благодаря этому программы методов доступа, существующие в предыдущих изданиях ОС ЕС, могут использоваться с виртуальной памятью без какого-либо изменения. Программа каналов преобразуется непосредственно перед запуском операций ввода-вывода. В области системных очередей создается логически эквивалентный дубликат программы канала, но уже с реальными адресами, который используется при запуске операций ввода-вывода. При таком преобразовании может оказаться, что все требуемые адреса находятся в несмежных реальных страницах. В каналах ввода-вывода ЕС ЭВМ имеется аппаратное средство косвенной адресации, позволяющее передавать данные в несмежные страницы реальной памяти.

Во время выполнения операции ввода-вывода все необходимые страницы не должны подвергаться страничному обмену. Перед запуском операции ввода-вывода такие страницы фиксируются в реальной памяти, а после ее успешного завершения — расфиксируются.

Задания, в которых при выполнении операций ввода-вывода осуществляется динамическая модификация программ каналов, выполняются в специальном режиме, когда виртуальные адреса команд и данных совпадают с их реальными адресами. В этом случае преобразования программ каналов не требуется.

Средства преобразования программ каналов являются составной частью супервизора ввода-вывода. Преобразование программ каналов не требует фиксации со стороны программиста и является внутренней функцией операционной системы.

#### **7.4. РЕЖИМ ВИРТУАЛЬНОЙ ПАМЯТИ SVS**

Режим мультипрограммирования с переменным числом задач, совместно использующих виртуальную память (SVS), ориентирован на аппаратные средства ЕС ЭВМ-2 и является практической реализацией концепции виртуальной памяти в ЕС ЭВМ. Он разработан на основе режима мультипрограммирования с переменным числом задач (MVT) и обеспечивает мультипрограммное выполнение на ЭВМ программ, суммарный объем которых существенно превышает емкость реальной памяти. Виртуальная память совместно используется как одно адресное пространство и управляющей программой, и всеми пользователями ЭВМ в соответствии с принципами распределения памяти в режиме MVT. Виртуальная память подразделяется на две части: фиксированную (содержащую ядро управляющей программы, область системных очередей, общую область и раздел главного планировщика) и динамическую, в которой организуются разделы для выполнения заданий (рис. 47). Максимальный объем динамической части достигает величины



$$V = 16 \text{ Мбайт} - V_{\text{ос}},$$

где  $V_{\text{ос}}$  — объем, занимаемый фиксированной частью.

Объем виртуальной памяти, обеспечиваемой при конкретной загрузке ОС ЕС, определяется размером используемого страничного набора данных, так как чем больше пространство для хранения страниц, тем больше объем виртуальной памяти.

На выполнение заданий в динамической части оказывает влияние страничный обмен: возникают прерывания программы при отсутствии страниц в реальной памяти, появляются задержки в выполнении программ из-за перемещения страниц. Если это влияние нежелательно, то его можно избежать посредством фиксирования в реальной памяти как отдельных страниц, так и целых разделов. Поэтому в режиме SVS создаются два типа разделов: с виртуальными адресами ( $V=V$ ) и разделы, в которых виртуальные адреса равны реальным ( $V=R$ ).

Виртуальная память для разделов  $V=V$  выделяется сегментами. Размер раздела  $V=V$  устанавливается кратным размеру сегмента даже в том случае, когда в задании, для выполнения которого создается раздел, памяти запрошено меньше. Всем таким разделам устанавливается один и тот же равный 1 ключ защиты, потому что защита памяти организуется не только с помощью ключей защиты и ключей памяти, как в режиме MVT, но и с использованием таблиц переадресации. По принципам работы ОС ЭВМ-2 в таблице сегментов, используемой при динамической переадресации, в записи для каждого сегмента обеспечивается признак «доступность — недоступность» обращения к данному сегменту. Всякое обращение к сегменту (и запись, и чтение), для которого этот признак установлен как «недоступен», вызывает программное прерывание, воспринимаемое ОС ЕС как прерывание из-за нарушения защиты памяти.

При передаче управления задаче, выполняющейся с ненулевым ключом защиты, в таблице сегментов указывается доступность только для сегментов раздела и сегментов, занимаемых ОС ЕС ЭВМ. При передаче управления задаче, выполняющейся с нулевым ключом защиты, т. е. имеющей право доступа к любому разделу, в таблице сегментов указывается доступность для всех сегментов.

Для сокращения времени, требуемого на настройку таблиц сегментов при переключении задач, создаются две таблицы сегментов, отличающиеся только установкой признака доступности: пользовательская таблица, в которой доступность указывается для сегментов раздела и сегментов, занимаемых ОС ЕС ЭВМ, и системная таблица, в которой указана доступность для всех сегментов. Благодаря этому перенастройка таблиц сегментов требуется только при переключении задач, выполняющихся в различных разделах. При передаче управления между системными программами пользователя перенастройка таблиц не нужна, достаточно только загрузить адрес соответствующей таблицы в управляющий регистр.

При передаче управления задачам, выполняющимся с нулевым ключом защиты, для переадресации загружается адрес системной таблицы сегментов; при передаче управления задачам, выполняющимся с ненулевым ключом защиты — пользовательской.

Для разделов  $V=R$  виртуальная память выделяется страницами. Выделяемые страницы фиксируются в реальной памяти, а таблицы страниц и сегментов настраиваются так, что виртуальные адреса при динамической переадресации равны

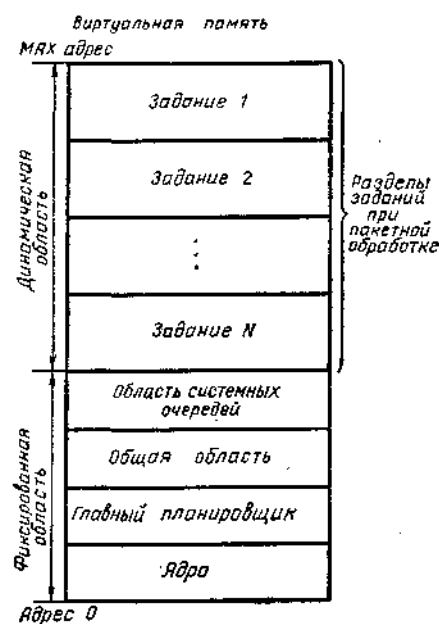


Рис. 47. Структура виртуальной памяти в режиме SVS

реальным. Размер такого раздела может быть меньше размера сегмента и кратен размеру страницы. Для защиты памяти в этом случае таблицы сегментов не используются: разделам устанавливаются различные не равные 0 или 1 ключи защиты. Следовательно, разделов  $V=R$  может быть не более 14. Создаются они в области реальной памяти, следующей непосредственно за ядром управляющей программы. Объем данной области устанавливается при генерации конкретного варианта ОС ЕС ЭВМ. При ее загрузке оператору ЭВМ предоставляется возможность изменять объем области для создания разделов  $V=R$ .

В разделах обоих типов создаются области очередей разделов (LSQA), в которых размещаются управляющие блоки, относящиеся только к данному разделу (в режиме MVT они размещаются в SQA). Это значительно локализует обращения задач к страницам виртуальной памяти, например при обработке очередей блоков управления памятью, и уменьшает число обращений к отсутствующим страницам.

Для LSQA выделяется один сегмент виртуальной памяти. Он выделяется управляющей программой автоматически, сверх объема виртуальной памяти, указанного в задании, для выполнения которого создается раздел.

Такая организация разделов и защиты памяти в режиме SVS упрощает ограничение на число разделов, имеющееся в режиме MVT: число созданных разделов ограничивается не числом ключей защиты, а объемом обеспечиваемой виртуальной памяти. Страничный обмен для фиксированной и динамической частей организован следующим образом:

в фиксированной части страницы, содержащие ядро и участки памяти SQA, выделенной программой управления виртуальной памятью, фиксируются в реальной памяти и страничному обмену не подвергаются; страницы, содержащие общую область и раздел главного планировщика, подвергаются страничному обмену;

в динамической части страницы, содержащие разделы  $V=R$  и участки памяти LSQA, выделенные программой управления виртуальной памятью, фиксируются в реальной памяти и страничному обмену не подвергаются; страницы, содержащие разделы  $V=V$ , подвергаются страничному обмену.

Для страничного набора данных необходимо выделять такой объем, чтобы обеспечить сохранение страниц фиксированной части, подвергающихся страничному обмену, и необходимое число разделов из динамической части. Объем страниц фиксированной части, подвергающихся страничному обмену, для различных конкретных вариантов ОС ЕС различный и составляет в среднем около 3 Мбайт. Размер и место расположения страничного набора данных устанавливаются только при загрузке ОС ЕС.

Замещаемость страницы означает, что она размещается в реальной памяти только при обращении к ней и вытесняется в страничный набор данных алгоритмом замещения, как только возникает необходимость в размещении в реальной памяти другой страницы. Размещение виртуальной страницы в реальной памяти или ее вытеснение может быть выполнено и по запросам программ.

Запросы программ на размещение, фиксирование, расфиксирование и вытеснение страниц изменяют нормальные условия функционирования алгоритма замещения, так как они сокращают объем реальной памяти, доступной для организации страничного обмена. Поэтому число одновременно зафиксированных страниц является параметром, который зависит от объема реальной памяти, интенсивности запросов на замещение страниц и от интенсивности их обслуживания.

Подвергаемые страничному обмену компоненты SVS составляют большую часть системы и в процессе работы используют внешнюю страничную память. Однако нераспределенные сегменты динамической области разделов не используют внешнюю память. Аналогично все страницы, не используемые в сегментах, не требуют внешней страничной памяти. Нераспределенные сегменты и неиспользуемые внутри сегментов страницы являются «потенциальным» адресным пространством.

Распределение страниц в страничном наборе данных отражено в таблице внешних страниц.

Если в процессе работы программы возникает прерывание из-за недоступности страницы, система использует таблицу внешних страниц для определения местоположения нужной страницы.

Выбранная для замещения страница перемещается в страничный набор данных только в том случае, если она изменена. Страницы записываются в порядке, обеспечивающем сбалансированную загрузку устройств, содержащих страничный набор данных и минимальные передвижения считывающего механизма каждого такого устройства. С помощью управляющих блоков, описывающих расположение внешних страниц, определяется положение считывающего механизма и ближайшее к нему свободное место, на которое перемещается страница из реальной памяти. Этим и достигается минимизация передвижений считывающего механизма, сокращающая время на страничный обмен.

Для предотвращения непроизводительного, чрезмерно интенсивного обмена страниц, возможного при увеличении числа одновременно выполняющихся задач, реализовано управление интенсивностью страничного обмена. Критерием для управления является интенсивность страничного обмена, т. е. число перемещений страниц между реальной памятью и страничным набором за единицу времени. При возрастании страничного обмена до величины

$$I_{\max} = I_{\text{opt}} + \Delta_1 I,$$

где  $I_{\text{opt}}$  — оптимальная интенсивность;

$\Delta_1 I$  — допустимый интервал увеличения интенсивности, приостанавливается выполнение одной или нескольких низкоприоритетных задач. При уменьшении интенсивности до величины

$$I_{\min} = I_{\text{opt}} - \Delta_2 I,$$

где  $\Delta_2 I$  — допустимый интервал уменьшения интенсивности, возобновляется выполнение некоторых приостановленных задач. Оптимальная интенсивность страничного обмена  $I_{\text{opt}}$ , допустимый интервал изменения интенсивности страничного обмена  $\Delta I = \Delta_1 I + \Delta_2 I$ , интервал времени, используемый при измерении интенсивности, — важнейшие параметры, влияющие на производительность вычислительных систем и зависящие от ее структуры, т. е. от числа каналов ввода-вывода, типа устройств ввода-вывода, предназначенных для размещения страничного набора.

Основное отличие процесса загрузки программ в SVS от процесса загрузки в MVT состоит в том, что программы загружаются не в реальную, а в виртуальную память. Перед загрузкой программа находится в системной или личной библиотеке. Программа загрузки читает загружаемую программу и преобразует адреса загружаемой программы в соответствии с местоположением раздела в виртуальной памяти. При этом загружаемая программа автоматически приобретает сегментно-страничный формат и вытесняется во внешнюю страничную память в процессе страничного обмена. После завершения загрузки программы управление передается по виртуальному адресу в точку входа загруженной программы. Требуемая страница будет размещена в реальной памяти, и загруженная программа начинает свое выполнение.

## 7.5. БАЗИСНЫЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ МЕТОД ДОСТУПА

Базисный телекоммуникационный метод доступа (БТМД) используется для создания программ, реализующих обмен данными между ЭВМ и удаленными абонентскими пунктами с помощью каналов связи. БТМД обеспечивает применение

только полудуплексных каналов. Связь устанавливается через коммутируемые или некоммутируемые каналы связи.

Данный метод доступа предоставляет программисту средства для создания абонентского списка, содержащего необходимую информацию для установления связи с удаленной станцией. БТМД осуществляет адресацию абонентских пунктов и их опрос, выдачу и прием сообщений, внесение изменений в абонентский список, буферизацию, преобразование кодов.

При разработке программ с использованием БТМД необходимо предусмотреть выполнение следующих процедур, обеспечивающих правильное функционирование технических средств телеобработки:

- определение системы телеобработки;
- использование таблицы преобразования кодов;
- открытие и закрытие наборов данных;
- управление каналом передачи данных.

**Определение системы телеобработки** заключается в создании описаний групп каналов, параметров мультиплексоров передачи данных и удаленных станций.

Основной целью объединения каналов в группы является возможность использования общих ресурсов метода доступа для всех каналов группы. Поэтому в группу объединяются каналы со сходными характеристиками.

**Использование таблицы преобразования кодов.** Внутренним кодом ЕС ЭВМ является ДКОИ, а аппаратура телеобработки передает информацию в других кодах. Макроопределения метода доступа БТМД содержат таблицы для преобразования кодов, и программисту достаточно указать имя нужной таблицы в макрокомандах ASMTRTAB и TRANSLATE. Программист может также указать собственную таблицу перекодировки, если это необходимо для конкретных применений.

**Открытие и закрытие наборов данных.** Процедуры открытия наборов данных каналов связи выполняются с помощью макрокоманды OPEN. В результате в оперативную память загружаются программы базисного телекоммуникационного метода доступа и формируются вспомогательные таблицы. Если окажется, что некоторые каналы не были открыты из-за неготовности их к передаче, позднее можно выполнить открытие одиночного канала с помощью макрокоманды LOPEN. Закрытие наборов данных осуществляется после завершения передачи данных с помощью макрокоманды CLOSE.

**Управление каналом передачи данных** заключается в установлении связи между вычислительной машиной и удаленной станцией и соблюдении алгоритма передачи сообщений по каналу связи. Данное управление осуществляется с помощью программ методом доступа с учетом специфики работы звена МПД—АПД—АП. В процессе приема-передачи информации обеспечивается поблочный контроль с помощью контрольного суммирования. В случае приема информации с неправильной контрольной суммой происходит повторная передача ошибочного блока.

Для передачи сообщений используются стандартные макрокоманды чтения и записи READ и WRITE. Для установления связи с удаленной станцией и передачи первого блока данных эти макрокоманды используются в режимах первоначального чтения и первоначальной записи. Существует возможность передачи данных в «прозрачном режиме», когда любая комбинация двоичного кода может передаваться как данные, даже если она совпадает с кодом управляющего символа.

## 7.6. ОБЩИЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ МЕТОД ДОСТУПА

Общий телекоммуникационный метод доступа (ОТМД) является по сравнению с БТМД методом доступа более высокого логического уровня. Использование ОТМД освобождает прикладного программиста от необходимости учитывать при программировании особенности алгоритмов передачи данных по каналу связи,

программировать опрос и выборку АП, преобразование кодов, определять конфигурацию сети. Все это выполняется в отдельной задаче с помощью Программы управления сообщениями (ПУС).

**Программа управления сообщениями** генерируется для конкретной системы телеобработки с помощью макрокоманд и программных модулей ОТМД и работает в разделе с наивысшим приоритетом. ПУС состоит из нескольких секций:

- активизации и завершения работы системы телеобработки;
- определения наборов данных, необходимых для работы ПУС;
- определения конфигурации сети телеобработки;
- обработчиков сообщений.

Первой секцией программы ПУС должна быть секция активизации и завершения работы системы телеобработки. Первой макрокомандой секции является макрокоманда INTRO, которая определяет основные параметры ПУС. Макрокоманды OPEN открывают наборы данных ПУС. Макрокоманда READY передает управление диспетчеру ПУС, который планирует всю работу ПУС, а если таковой нет, то переходит в состояние ожидания. При завершении работы ПУС управление передается макрокоманде CLOSE, следующей за макрокомандой READY, которые закрывают наборы данных ПУС, после чего с помощью макрокоманды RETURN управление возвращается операционной системе.

Секция определения наборов данных содержит макрокоманды:

для групп каналов связи, для набора данных, для очереди сообщений, для системного журнала ПУС, для наборов данных контрольной точки, а также макрокоманды PCB для прикладных программ пользователя.

Секция определения конфигурации сети телеобработки содержит макрокоманды, описывающие каналы связи, АП и прикладные программы. В этой секции строятся списки опроса и указываются другие параметры, определяющие конфигурацию системы.

Секция обработчиков сообщений содержит макрокоманды, с помощью которых можно задать для каждой группы АП или прикладных программ свою обработку сообщений, циркулирующих в системе. В частности, с помощью макрокоманд обработчиков сообщений можно управлять установкой сообщений в очередь в соответствии с приоритетами, редактировать сообщения, управлять маршрутизацией, посылая сообщения в нужную очередь назначения, преобразовывать сообщения из кода передачи в код ЭВМ и обратно и т. д.

ПУС поддерживает очереди сообщений на НМД и в оперативной памяти и содержит средства, позволяющие оператору ЭВМ управлять работой сети с помощью команд, выдаваемых с консоли. Средство создания контрольных точек позволяет возобновить работу ПУС после сбоя ЭВМ с ранее запланированного момента.

ПУС содержит средства, обеспечивающие интерфейс между ПУС и прикладными программами пользователя.

**Прикладные программы пользователя** работают обычно в отдельных разделах памяти и взаимодействуют с абонентскими пунктами через ПУС с помощью обычных последовательных методов доступа ОС ЕС. Это позволяет писать прикладные программы на языках высокого уровня и отлаживать их предварительно без использования устройств телеобработки данных.

## 7.7. РЕЖИМ УДАЛЕННОГО ВВОДА ЗАДАНИЙ

Средства диалогового удаленного ввода заданий позволяют вводить задания с удаленных станций, подключаемых к центральной ЭВМ с помощью каналов связи, и с локальных дисплеев. Они предоставляют пользователю системы ДУВЗ, работающему за абонентским пунктом, такие же возможности, которые предоставлены обычному пользователю ОС ЕС на центральной вычислительной установке. Система ДУВЗ

обеспечивает эффективное применение оборудования центральной ЭВМ за счет совместного использования вычислительных ресурсов одновременно несколькими пользователями. Имеется также возможность совместного использования носителей информации несколькими пользователями, выполняющими близкие по содержанию работы.

Система ДУВЗ функционирует в рамках системной задачи аналогично задачам системного ввода-вывода. Для ввода исходной информации и вывода конечных результатов в ДУВЗ имеются клавиатура АП и печатающее устройство (или дисплей). Задания, передаваемые пользователем, поступают в операционную систему для последующего планирования и исполнения. Когда задание, введенное с АП, завершает свою работу, весь его вывод помещается в специальный класс для ДУВЗ. Далее содержимое этого класса направляется на соответствующую удаленную станцию пользователю, который ввел исходное задание. Система ДУВЗ обеспечивает создание новых наборов данных, всевозможные действия над ними, модификацию любой доступной информации, в том числе и заданий непосредственно перед тем, как ввести их в системный поток заданий на центральной вычислительной установке.

Существуют три различных режима работы пользователя ДУВЗ: режим команд, режим редактирования и режим ввода.

С момента подключения пользователя АП к системе работа происходит в режиме команд. С помощью команды EDIT пользователь переходит в режим редактирования или ввода. В режиме редактирования вводятся команды, которые используются для выполнения различных действий над наборами данных. Работа в этом режиме завершается вводом команды END. При создании нового набора данных или добавления записей в существующий массив применяется режим ввода.

В режиме редактирования пользователь АП может запросить синтаксический контроль операторов языков ПЛ/1 и Фортран, если в систему включены соответствующие программы синтаксического контроля. Контроль основан на проверке одного оператора, поэтому ошибки, для нахождения которых необходим контроль связей между операторами, не выявляются. Для операторов, вводимых в режиме ввода, имеется возможность автоматического контроля. В случае обнаружения ошибки пользователю АП посылается соответствующее сообщение.

В режиме команд пользователь системы ДУВЗ имеет возможность осуществлять ввод заданий из наборов данных, находящихся в библиотеке пользователя АП, контролировать процесс его выполнения на центральной вычислительной установке, запрашивая информацию о состоянии задания. Пользователь АП может в любой момент времени отменить введенное им задание. С помощью команд пользователя АП можем получить информацию о состоянии наборов данных перед выполнением задания. Когда выполнение задания завершается, пользователь АП получает сообщение, указывающее на нормальное или аварийное завершение. Это означает, что вывод задания доступен для пользователя. По специальной команде на АП передается весь вывод указанного задания, помещенный в выходной класс ДУВЗ. Если АП не имеет специального средства прерывания, пользователь может использовать возможность получения вывода группами, содержащими определенное число строк. Вывод информации может быть прерван после любой группы. Если АП снабжен средствами прерывания, то пользователь ДУВЗ может прервать вывод в любое время. Набор данных в выходном классе для ДУВЗ исключается после его полного вывода на АП. Если вывод прерывается во время передачи набора данных, то этот набор не удаляется. В случае необходимости пользователь может возобновить передачу информации, а также направить её на устройства печати центральной установки.

## **7.8. СИСТЕМА РАЗДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ**

В состав программного обеспечения ЕС ЭВМ входит система разделения времени (СРВ), которая реализована, в виде самостоятельной программы, функционирующей в

рамках операционной системы ОС ЕС. СРВ предполагает разделенное, диалоговое и одновременное использование вычислительной системы несколькими пользователями ЭВМ. Данная система предоставляет пользователям наиболее развитую форму мультипрограммного режима работы и функционирует под управлением версий ОС ЕС, реализующих режим мультипрограммирования с переменным числом задач.

СРВ предоставляет пользователю, работающему на абонентском пункте, достаточно универсальный способ управления вычислительным процессом, реализованный в виде языка команд и пригодный для множества практических применений. Программное обеспечение АП построено на основе общего телекоммуникационного метода доступа операционной системы ОС ЕС. Включение СРВ в ОС ЕС не влияет на объем и характер функций, предоставляемых пользователям ЭВМ при работе в других режимах обработки. Обеспечивается возможность совмещения режимов СРВ и пакетной обработки.

Возможности СРВ в функциональном отношении существенно шире возможностей, предоставляемых пользователям системой ДУВЗ. Принципиальные различия между ДУВЗ и СРВ заключаются в следующем. Задания СРВ ставятся не в обычную очередь заданий, а выполняются непосредственно под контролем пользователя. В противоположность ДУВЗ, который работает на уровне задач системы, СРВ влияет на работу управляющих программ ОС ЕС. Число пользователей СРВ, задания которых выполняются параллельно, значительно превышает число пользователей системы ДУВЗ благодаря эффективному применению внешней памяти, используемой для хранения программ, в то время, когда они вытеснены из основной памяти и ждут своей очереди выполнения.

В СРВ используется язык команд, аналогичный языку команд ДУВЗ. При вводе информации на проблемно-ориентированных языках осуществляется синтаксический контроль операторов. Информация об ошибках выводится на терминал.

**Алгоритмы функционирования СРВ.** Множество заданий, выполняемых в режиме СРВ, образуют очередь, которая размещается во внешней памяти. Задания из очереди (рис. 48) последовательно вводятся в реальную память и обрабатываются в течение определенного кванта времени  $Z$ , зависящего от времени обслуживания очереди  $T$  и количества  $K$  заданий.

$$Z = \frac{T}{K}$$

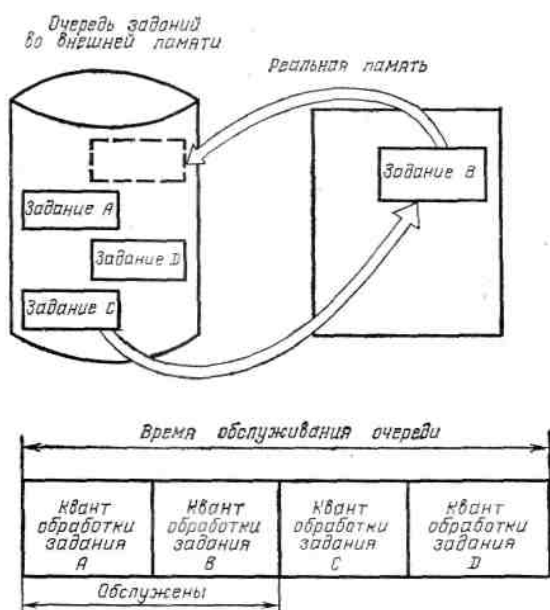


Рис. 48. Обработка заданий в режиме СРВ

Выбор кванта времени зависит от ряда противоречивых факторов. Квант времени должен быть достаточным для того, чтобы система могла выполнить определенное количество полезной работы и одновременно обеспечивала достаточно быструю реакцию на запросы пользователей, равную периоду обслуживания очереди. Вместе с тем уменьшение кванта приводит к увеличению частоты смены заданий в реальной памяти и увеличивает „накладные расходы системы на их перемещение.

На выбор этих параметров влияют число разделов в реальной памяти, отводимых для выполнения заданий режима СРВ, конкретный состав смеси заданий и ряд других факторов.

Задания, одновременно находящиеся в реальной памяти, используют ресурсы вычислительной установки в течение более мелких квантов времени точно так же, как это происходит в режиме обычной пакетной обработки (рис. 49).

**Задача управления режимом СРВ** функционирует в рамках ОС с переменным числом задач и управляет процессом обмена заданий СРВ между внешней и основной памятью. Когда оператор выдает команду запуска СРВ START, получает управление модуль инициализации СРВ, формирующий необходимый для задачи участок памяти, в котором строятся буферные области, формируются разделы для выполнения заданий и для каждого раздела строится задача управления разделом.

В процессе функционирования задача управления режимом СРВ осуществляет смену заданий в реальной памяти, оптимизируя применение ресурсов вычислительной установки. Она строит программы канала для каждого запроса на ввод или вывод заданий. Использование аппарата программно-управляемых прерываний достигается высокая эффективность процесса смены заданий: программа обработки прерываний достраивает следующую программу канала после текущей программы канала. Учитывая высокую интенсивность обмена, процесс протекает как одна незавершающаяся операция ввода-вывода. Информация о местоположении и размерах

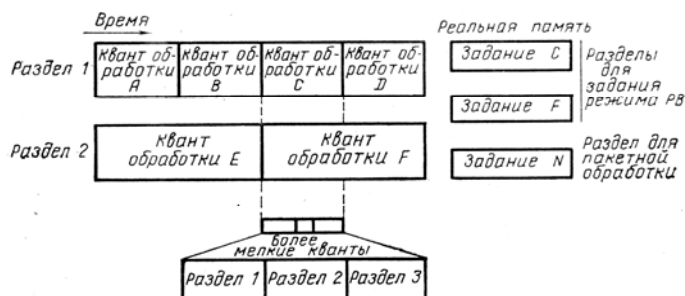


Рис. 49. Обработка заданий режима СРВ совместно с заданиями пакетной обработки

перемещаемых программ формируется в таблицах задач управления разделами. Если оператор выдает команду STOP, каждому активному пользователю сообщается о завершении сеанса работы; область памяти, занимаемая СРВ, возвращается операционной системе, и работа завершается.

Задача управления разделом работает в каждом разделе, отведенном для выполнения заданий в режиме СРВ. Она переводит в активное состояние те задания, которым предоставлен раздел на текущий период времени, и контролирует условия, связанные с завершением времени обслуживания. В частности, если по завершении кванта обработки оказались незавершенными операции ввода-вывода, задание задерживается в разделе до окончания этих операций.

**Обработчик LOGON — LOGOFF.** Функции этой задачи аналогичны функциям инициатора и программы чтения (интерпретации), работающих в обычном режиме пакетной обработки. Обработчик LOGON — LOGOFF загружается в раздел в момент подключения к системе СРВ очередного пользователя для планирования нового задания.

Программа управления терминалом представляет собой монитор, под управлением которого работает конкретный пользователь. В зависимости от запроса она осуществляет поиск необходимого для обработки модуля, которому передается управление. После завершения обработки запроса на АП отправляется сообщением READY, и программа готова к приему следующей команды.

Программа управления сообщениями (ПУС) является компонентом ОТМД. Она содержит описание конфигурации терминалов, присоединенных к системе, области ввода-вывода для хранения информации, перемещаемой между оперативной памятью и терминалами, осуществляет обмен данными между областями ввода-вывода и буферными областями СРВ. ПУС функционирует в ОС ЕС как обычная проблемная



программа в разделе реальной памяти. Она должна иметь самый высокий приоритет среди проблемных задач, работающих в операционной системе.

**Обработчики команд и программы пользователей.** На этом уровне управления осуществляются проверка правильности команд, корректность кодировки операндов, вызов модулей, реализующих стандартные алгоритмы обслуживания, и программ, подготовленных пользователем СРВ.

### **7.9. ВИРТУАЛЬНЫЙ МЕТОД ДОСТУПА**

Виртуальный метод доступа (VSAM) основан на концепции виртуальной памяти и применяется в системах с виртуальной памятью, поэтому наборы данных с виртуальной организацией запоминаются в виде блоков размеров в страницу. Этот метод доступа наиболее эффективен при использовании дисковых накопителей емкостью 100 и 200 Мбайт.

Данный метод доступа объединяет все функциональные возможности всех других методов доступа, применяемых в операционных системах MVT и MFT, за исключением работы с библиотечными наборами данных. Метод доступа VSAM существенно уменьшает время доступа к данным, особенно в связи с тем, что при индексной структуре процесс добавления новых записей организован без использования областей переполнения. Этот метод доступа может заменить все другие методы доступа, существенно увеличив эффективность систем обработки данных. Метод доступа VSAM обеспечивает возможность индексации наборов данных по нескольким ключам одновременно, что очень важно для АСУ.

### **7.10. СРЕДСТВА ПОСТРОЕНИЯ МНОГОМАШИННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

В ЕС ЭВМ-2 предусмотрены аппаратные средства для реализации многомашинных систем, состоящих из нескольких центральных процессоров, соответствующих устройств ввода-вывода и каналов. Многомашинные системы позволяют наращивать суммарную производительность вычислительной установки и обладают повышенной надежностью при возникновении ошибок и неисправностей, поскольку выход из строя ЭВМ в многомашинной системе приводит лишь к снижению производительности.

Средства комплексирования ЭВМ (средства прямого управления, адаптер канал—канал, общее поле внешней памяти) обеспечивают организацию связи и обмен информацией между несколькими ЭВМ многомашинной вычислительной системы. Средства прямого управления используются для быстрого обмена управляющей и синхронизирующей информацией между двумя ЭВМ многомашинной вычислительной установки. Адаптер канал — канал (АКК) может предназначаться для обмена между несколькими ЭВМ вычислительной системы как управляющей информацией, так и массивами данных со скоростью работы каналов ввода-вывода. Общее поле внешней памяти на накопителях на магнитных дисках (НМД) и накопителях на магнитных лентах (НМЛ) позволяет двум ЭВМ использовать общие массивы информации, находящиеся в этом поле. Программное обеспечение многомашинных систем реализуется на двух уровнях. На первом уровне предоставляются средства управления передачей информации между центральными процессорами, осуществляемого проблемными программами. Обмен данными через АКК происходит аналогично работе с другими устройствами ввода-вывода с применением метода доступа операционной системы. На втором уровне реализуется управление многомашинной системой, которое оптимизирует распределение подлежащих обработке программ между различными процессорами, входящими в состав комплекса. Центральное управление комплексом принадлежит ведущей машине, которая организует распределение работ.

Для управления многомашинной системой применяют модифицированную

управляющую программу ОС ЕС, контролирующую всю систему и управляющую общим файлом заданий.

Для каждого уровня организации многомашинной системы в составе ОС ЕС предусмотрено соответствующее программное обеспечение.

**Программное управление средствами прямого управления** предполагает обмен данными между двумя ЭВМ, связанными интерфейсами прямого управления.

Для обращения к другому процессору по интерфейсу прямого управления предусмотрена макрокоманда DIRECTWR. Прием информации, передаваемой через интерфейс прямого управления с помощью макрокоманды DIRECTWR, осуществляется операционной системой ОС ЕС. В зависимости от выбора режима работы может инициироваться обратная передача информации для контроля. Затем управление передается процедуре анализа полученной информации, которая является программным интерфейсом между программами обработки принятой информации.

В операционной системе ОС ЕС имеются стандартные программы интерфейса для средства прямого управления и обеспечен асинхронный выход на программу, подготовленную пользователем.

При асинхронной работе двух ЭВМ может возникнуть конфликтная ситуация, когда одновременно в двух ЭВМ поступают запросы на обмен информацией по линиям прямого управления, для устранения которой в процессе загрузки системы предусмотрен выход на консоль с целью определения приоритета при поступлении одновременных запросов от двух ЭВМ. Ответы операторов на разных ЭВМ многомашинной системы должны быть согласованы.

**Программное управление работой адаптера канал — канал.** В связи с последовательной структурой набора данных, передаваемых через АКК, предусмотрены два метода доступа: последовательный метод доступа с очередями (QSAM) и базисный последовательный метод доступа (BSAM). Каждый из методов предусматривает свой набор макрокоманд для описания набора данных и запроса операций ввода-вывода.

В операционной системе ОС ЕС предусмотрен программный контроль правильности передачи информации через АКК. Программа, формирующая блок данных, должна включить в него контрольную сумму по модулю  $2^{32}$ . Вторичный просчет контрольной суммы и сравнение ее с исходной суммой осуществляются программами ОС ЕС. После приема и контроля информация передается программе пользователя.

**Программное управление общим полем внешней памяти на НМД и НМЛ.** Общее поле внешней памяти может содержать наборы данных с любой допустимой в системе ОС ЕС организацией данных, а для работы с ними можно использовать все допустимые методы доступа.

Для резервирования устройства какой-либо из ЭВМ многомашинной вычислительной системы и последующего его освобождения предусмотрены соответствующие макрокоманды. Если после завершения задачи операционная система обнаружит, что имеется неосвобожденный задачей ресурс, освобождение ресурса производится автоматически.

Следует подчеркнуть, что уровень резервирования для общего поля внешней памяти на НМЛ существенно отличается от уровня резервирования для общего поля памяти на НМД из-за последовательного характера использования магнитных лент. Резервирование одного НМЛ из общего поля памяти приводит в действительности к резервированию всех НМЛ, подключенных к тому же устройству управления, что и резервируемый НМЛ. Кроме того, специфика работы с наборами данных на НМЛ накладывает ограничение на место выдачи макрокоманд резервирования и освобождения устройств. При обработке наборов данных на НМД резервирование необходимо при создании и модификации наборов данных. При обработке наборов данных в режиме чтения и в промежутках между модификациями данных в

резервировании НМД нет необходимости.

При использовании проблемно-ориентированных языков функции резервирования и освобождения периферийных устройств может выполнять специальная программа, написанная на Ассемблере.

Программное обеспечение общего поля внешней памяти включается в операционную систему ОС ЕС в момент ее генерации. Существует ограничение на системные наборы данных, которые нельзя помещать в общее поле памяти на НМД. При работе с общим полем внешней памяти особое внимание уделяется размещению набора данных на определенных полях, так как предусмотренное размещение может привести к конфликтным ситуациям.

## 7.11. МОНИТОР ДИНАМИЧЕСКОЙ ОТЛАДКИ

Монитор динамической отладки (DDM) предназначен для отладки как программ самой операционной системы ОС ЕС, так и программ пользователя ЭВМ, работающих под управлением операционной системы. С помощью монитора динамической отладки можно выполнять:

останов отлаживаемой системы при возникновении заданных программных событий, к числу которых относятся: передача управления по заданному адресу, возникновение программных событий, регистрируемых с помощью аппаратных средств регистрации программных событий (PER);

регистрацию некоторых программных событий (прерываний различного типа, моментов выполнения привилегированных команд), относящихся к работе отлаживаемой системы.

После останова отлаживаемой системы в заданной точке можно выполнять:

изменение состояния системы содержимого общих регистров, управляющих регистров, регистров с плавающей запятой, заданной области основной памяти, изменение ССП;

распечатку информации, отражающей состояние отлаживаемой системы в точке останова: распечатку общих регистров, регистров с плавающей запятой, управляющих регистров, ССП, содержимого некоторых областей операционной системы и т. д.

DDM включается в состав отлаживаемой системы при генерации операционной системы ОС ЕС. Инициирование DDM осуществляется во время работы программы инициализации ядра операционной системы.

По способу организации программы монитора динамической отладки делятся на программы супервизора DDM, которые работают в состоянии «Супервизор» и получают управление в результате возникновения прерывания, и процессы DDM, работающие в состоянии «задача». Отлаживаемая система работает в режиме «задача», поэтому программы монитора динамической отладки получают управление при возникновении прерываний при выполнении привилегированных команд в отлаживаемой системе, имея возможность следить за потоком управления в отлаживаемой системе, не вмешиваясь в ее работу.

Обработчики прерываний монитора динамической отладки различают прерывания, относящиеся к работе монитора, которые передаются программам DDM, и прерывания, относящиеся к работе отлаживаемой системы, передающиеся для обработки программам отлаживаемой системы.

Управляющие процессоры монитора получают управление с помощью диспетчера DDM. Для каждого процесса предусмотрена программа, работающая в режиме «задача». К числу таких программ относятся программа выдачи сообщений на консоль, программа управления процессами распечатки и изменения данных DDM, программы управления режимом отладки, обработки команд распечатки и изменения данных.

## 7.12. УНИВЕРСАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ТРАССИРОВКИ

Универсальное средство трассировки (УСТ), относящееся к классу мониторных программ, предназначено для сбора информации о заданном классе событий, происходящих при функционировании ЭВМ под управлением операционной системы. УСТ включается в любой конкретный вариант ОС при ее генерации и существует в форме модулей ядра управляющей программы и в системных библиотеках. Для применения УСТ генерируется программа — монитор, реализующая его функции.

Событие, происходящее в процессе функционирования ЭВМ, считается распознаваемым, если при каждом наступлении такого события получает управление монитор, в котором для этого события предусмотрена программа обработки. После обработки распознаваемого события монитор возвращает управление в программу, при работе которой возникло это событие.

Монитор помещает записи о распознаваемых событиях в трассу событий и заносит ее на внешнее запоминающее устройство. Трасса событий — это последовательность записей о распознаваемых событиях, упорядоченная по времени их наступления и отражающая историю функционирования программы или ЭВМ в целом в течение определенного промежутка времени.

События, распознаваемые монитором, образуют три группы: прерывания, привилегированные команды, макрокоманда GTRACE.

Различаются следующие события из группы прерываний:

- внешнее прерывание;
- прерывание по обращению к супервизору;
- программное прерывание;
- прерывание ввода-вывода.

К группе привилегированных команд относятся следующие события:

- команда LPSW;
- команда SSM;
- команда SIO, TIO, NIO, TCM, WRP, ROD;
- команда SSK, ISK.

Макрокоманда GTRACE предназначена для занесения в трассу событий специально предусмотренных для этой цели данных.

Монитор может быть запущен только по команде оператора ЭВМ и функционирует как системная задача. Для успешного функционирования УСТ должны быть выполнены определенные требования к основной памяти и системе ввода-вывода. Для накопления трассы событий монитор УСТ может использовать набор данных на НМД или на НМЛ, ЭВМ должна включать в свой состав периферийное устройство для накопления трассы событий и обеспечивать его работоспособность.

Для завершения работы монитора и удаления задачи УСТ выдается соответствующая команда оператора.

## 7.13. СРЕДСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОС ЕС

В процессе функционирования ЭВМ периодически возникают различные аппаратные неисправности, приводящие к ошибкам. Сложность современных ЭВМ требует быстрой реакции на ошибку, иначе задержки в локализации ошибок и устранении их последствий приведут к нарушению информации в оперативной памяти и чрезмерным потерям времени.

Для повышения эффективности использования современных ЭВМ в состав операционной системы включены специальные программные средства, предназначенные для восстановления работоспособности ОС ЕС после возникновения ошибок центрального процессора, оперативной памяти, каналов ввода-вывода, периферийных устройств, а также для регистрации информации о состоянии

аппаратных и программных средств в момент возникновения ошибок.

К рассматриваемым средствам относятся ставшие традиционными следующие программы:

SER0, SER1 регистрации состояния аппаратуры и ОС ЕС;

ССН обработки ошибок каналов ввода-вывода;

ERP обработки ошибок периферийных устройств;

OBP регистрации состояния периферийных устройств;

EREP редактирования и печати записей об ошибках;

независимая программа SEREP редактирования и печати информации об ошибках.

При дальнейшем развитии средств восстановления ОС ЕС на основе обобщения опыта эксплуатации предшествующих версий ОС ЕС, появилась необходимость создания дополнительных программных компонент, существенно расширяющих возможности средств восстановления. Новые компоненты сокращают множество ситуаций, приводящих к перезагрузке ОС ЕС, и стремятся максимально устранить влияние ошибок на работоспособность системы.

К числу дополнительных средств восстановления относятся:

программа ПОСК, обеспечивающая восстановление работоспособности ОС ЕС на функциональном и системном уровнях;

программа APR повторения операций ввода-вывода по альтернативному пути доступа;

программа DDR динамической реконфигурации периферийных устройств;

программа МСН обработки недостающих прерываний ввода-вывода.

Программные средства восстановления классифицируются как средства восстановления после ошибок ввода-вывода и средства восстановления после машинных ошибок.

**Средства восстановления после ошибок ввода-вывода** являются составными частями супервизора ввода-вывода или работают под его управлением. Остановимся детально на анализе каждой из программ.

**Программа ССН** получает управление при возникновении ошибок в канале ввода-вывода. Она осуществляет анализ ошибки, формирует информацию о состоянии ОС ЕС и аппаратуры в момент обнаружения ошибки, информирует оператора о возникновении ошибки. Если установлено, что ошибка является временной, управление передается программе ERP для повторения операции ввода-вывода. В случае постоянной ошибки управление передается программе APR (если она включена в состав конкретной конфигурации ОС при генерации системы) для поиска альтернативного пути доступа к периферийному устройству. Если же ССН определила необходимость завершения работы ОС ЕС, она формирует запись об ошибке и передает управление программам SER1 или ПОСК для записи этих данных в системный журнал SYS1.LOGREC и перевода процессора в состояние ожидания. В тех случаях, когда завершение работы ОС ЕС не является необходимым, управление передается программе OBR для записи информации об ошибке в SYS1.LOGREC и выдачи предупреждающего сообщения оператору ЭВМ.

**Программа APR** осуществляет поиск альтернативного пути доступа к заданному в операции ввода-вывода периферийному устройству, но делает это только при возникновении ошибки канала на основном пути. При наличии альтернативного пути через другой канал APR передает управление программе ERP для повторения операции ввода-вывода. Если альтернативный путь не найден, управление передается программам SER0, SER1, ПОСК для регистрации состояния ОС ЕС и аппаратуры в наборе данных SYS1.LOGREC. APR предоставляет возможность оператору добавить или удалить один из путей доступа к периферийному устройству.

**Программа ERP**, являющаяся обязательной компонентой ОС ЕС, представлена набором стандартных процедур обработки ошибок периферийных устройств. Для каждого периферийного устройства существует отдельная процедура. Программа ERP

проводит анализ ошибки. Если ошибка является постоянной, то повторение операции невозможно. Оператору ЭВМ выдается соответствующее сообщение и управление передается программе OBR. В остальных случаях ERP пытается повторить операцию ввода-вывода. Число повторений зависит от типа периферийного устройства. Если после заданного числа повторений ошибка не исправлена, она классифицируется как постоянная.

**Программа OBR**, являющаяся компонентой супервизора ввода-вывода, собирает статистическую информацию о состоянии ОС ЕС и периферийных устройств, в которых произошла ошибка. Информация заносится в системный журнал SYS1.LOGREC. OBR контролирует также степень заполнения набора данных SYS1.LOGREC, информируя об этом оператора системы.

**Программа DDR** осуществляет реконфигурацию устройств. После обнаружения постоянной ошибки супервизор ввода-вывода передает управление программе DDR, которая определяет возможность перенесения выполнения операции на другое устройство ввода-вывода. Если такая возможность существует, DDR проводит соответствующую перестройку системных таблиц, выдает указание оператору о физическом перемещении нужного тома и возвращает управление программе ERP для повторения операции ввода-вывода. DDR предоставляет возможность реконфигурации однотипных устройств, к которым относятся перфокарточные устройства, накопители на магнитных дисках и лентах, печатающие устройства.

**Программа MISC** контролирует завершение операций ввода-вывода. Она опознает ситуации, связанные с потерей прерываний ввода-вывода, которые являются результатом как аппаратных неисправностей, так и ошибок в работе ОС ЕС. Если в течение установленного промежутка времени ожидаемое прерывание не произошло, MISC выдает сообщение оператору ЭВМ, регистрирует информацию о возникшей ошибке в системном журнале и моделирует недостающее прерывание, завершая запрос на ввод-вывод.

Средства восстановления после машинных ошибок состоят из программ SER0, SER1, ПОСК, регистрирующих состояние аппаратуры и ОС ЕС, зависящих от типа используемой ЭВМ. Программы получают управление при возникновении машинных ошибок через новое PSW прерываний от схем контроля и в случае возникновения ошибок ввода-вывода — от программы CCH. Программы SER0, SER1, ПОСК являются взаимно исключаящими.

**Программа SER0** определяет тип обнаруженной ошибки, формирует записи об ошибке, завершает выполнение всех операций ввода-вывода, заносит информацию об ошибке в системный журнал SYS1.LOGREC, выдает оператору ЭВМ сообщение об ошибке, рекомендуя перезагрузить ОС ЕС, и переводит центральный процессор в состояние ожидания. Если при работе программы SER0 возникает вторичная машинная ошибка, SER0 заносит специальную информацию в набор данных SYS1.LOGREC и переводит центральный процессор в состояние ожидания.

**Программа SER1** дополнительно к функциям, реализуемым программой SER0, анализирует характер ошибки на основе информации, обеспеченной аппаратными средствами, проверяет область ядра на наличие ошибок четности, пытается восстановить работоспособность системы, аварийно завершив задачу, на которую повлияла ошибка. Если SER1 установила факт искажения управляющих программ или не обнаружила поврежденную задачу, оператору ЭВМ выдается сообщение об ошибке с рекомендацией перезагрузить ОС ЕС, а центральный процессор переводится в состояние ожидания.

**Программа ПОСК** начинает работу с анализа кода прерывания, который содержит информацию о характере обнаруженной машинной ошибки. Если ошибка была устранена аппаратными средствами, ПОСК заносит соответствующую информацию в системный журнал и никаких действий по восстановлению не производится. Если же код прерывания соответствует неудачному аппаратному восстановлению, ПОСК

пытается максимально сохранить ОС ЕС в работоспособном состоянии. Предпринимается попытка функционального восстановления, в результате которого поврежденная задача остается полностью работоспособной. Если функциональное восстановление невозможно, осуществляется восстановление на системном уровне, заключающееся в аварийном завершении поврежденной задачи. В случаях, когда повреждена управляющая программа, восстановление считается невозможным и оператору ЭВМ выдается сообщение с рекомендацией о перегрузке ОС ЕС.

#### 7.14. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДОС-3 ЕС

Мультипрограммная операционная система ДОС-3 ЕС предназначена для организации эффективного функционирования малых и средних машин ЕС ЭВМ-2 с виртуальной памятью и обеспечивает пакетную обработку заданий, средства телеобработки данных и средства управления базами данных. Концепция управляющей программы ДОС-3 существенно отличается от концепции предыдущих версий операционной системы ДОС. Эта новая концепция имеет следующие основные преимущества:

- более гибкое распределение системных ресурсов;
- более эффективную систему управления вводом-выводом в виртуальной среде;
- программную независимость от типа и модели периферийного устройства;
- упрощенное системное обслуживание.

Модульная структура ДОС-3 допускает расширение и усовершенствование программных средств, что позволяет надеяться на ее жизнестойкость в течение всего периода эксплуатации ЕС ЭВМ-2 в традиционных и новых применениях. ДОС-3 базируется на применении концепции виртуальной памяти, динамического распределения ресурсов и централизации всех важных системных функций.

**Состав операционной системы ДОС-3 ЕС.** В состав первой очереди операционной системы ДОС-3 ЕС входят следующие программные компоненты:

- управляющая программа: супервизор, управление заданиями, начальная загрузка, программа периферийного совмещения;
- логическая система управления вводом-выводом;
- системные обслуживающие программы: редактор, библиотекарь, специальные программы, программы сортировки, средства отладки, программа проверки устройств;
- транслятор с языка Ассемблера;
- трансляторы с языков программирования: Фортрана, ПЛ/1, Кобола, РПГ-2 со средствами автоотчета;
- базисный телекоммуникационный метод доступа.

В состав второй очереди операционной системы ДОС-3 ЕС в плане ее развития входят следующие программные компоненты:

- расширение управляющей программы: обеспечение вторичных консолей, каталог файлов, расширение удаленного ввода заданий;
- системные обслуживающие программы: средства проверки генерации системы, средства ведения статистики;
- трансляторы с языков программирования: оптимизирующий ПЛ/1, ПЛ/С, Паскаль, Симскрипт, Систран;
- система ДЛ/1.

**Совместимость с операционной системой ДОС-2 ЕС.** Операционная система ДОС-3 ЕС обеспечивает совместимость с операционной системой ДОС-2 ЕС:

- на уровне языков программирования высокого уровня;
- на уровне языка Ассемблера, если программа не обращается к внутренним управляющим блокам и системным таблицам (в том числе и к таблицам DTF) посредством несистемных функций;
- на уровне объективных модулей, если программа не обращается к ядру системы и

выполнены требования совместимости на уровне языка Ассемблера.

Совместимость не обеспечивается для программ, зависящих от специфических характеристик моделей или устройств ЭВМ.

Для облегчения программирования и повышения совместимости операционная система ДОС-3 ЕС содержит декларативные макрокоманды, позволяющие обращаться к управляющим блокам и системным таблицам в символическом виде.

**Системные ресурсы.** Основная функция ядра операционной системы — управление использованием всех системных ресурсов. Операционная система ДОС-3 представляет следующие ресурсы:

- область виртуальных адресов;

- область реальной памяти;

- область памяти вспомогательных запоминающих устройств прямого доступа для системного использования;

- периферийные устройства ввода-вывода;

- файлы данных на устройствах внешней памяти;

- программы операционной системы.

Наилучшее возможное распределение зависит от природы этих ресурсов. Некоторые из них, например компоненты управляющей программы, совместно используются многими пользователями одновременно. Аналогично совместно применяемыми (только в качестве входной информации) могут быть библиотеки и файлы данных.

Неразделяемые ресурсы (например, область памяти, периферийные устройства одиночных записей, файлы вывода и обновления) распределяются динамически, но в основном на весь процесс работы во избежание системных тупиковых ситуаций.

Периферийные устройства последовательных и одиночных записей, по существу, не разделяются. Операционная система ДОС-3 обеспечивает определение периферийных устройств, совместно используемых несколькими пользователями, а также необходимую поддержку для косвенного ввода-вывода (SPOOLING).

Системная рабочая область в основном реализуется в области виртуальных адресов, при этом не требуется постоянно распределенная рабочая область на магнитных дисках. Благодаря этому обычные «критические» элементы системы ДОС (файлы SYSUT системных утилит и файлы SYSLNK) не нужны, и поэтому мультипрограммный режим доступен даже для небольших аппаратных конфигураций.

**Управление основной памятью.** Главным системным ресурсом является виртуальная память. Любая из одновременно выполняемых работ пользователей имеет свою собственную виртуальную область размером не более 16 Мбайт. Эта виртуальная область статически делится на 4 части:

- область идентичных адресов;

- область совместно используемых программ;

- совместно используемая виртуальная рабочая область;

- личная виртуальная область.

Область идентичных адресов занимает нижнюю часть любой виртуальной области, начиная с нулевого адреса (реального, или виртуального). Эта область всегда реализуется в реальной памяти, не отображается на магнитных дисках, является общей для всех виртуальных областей, а адреса всех объектов являются идентичными и реальными. Данная область содержит управляющую программу операционной системы ДОС-3 и управляющие таблицы. Конечная граница этой области устанавливается при генерации системы.

Область совместно используемых программ является также общей для всех виртуальных областей. На магнитных дисках хранится копия фаз управляющей программы операционной системы ДОС-3 в том виде, в котором эти фазы хранятся в библиотеке абсолютных модулей. Эта область содержит транзитные программы супервизора, модули логической системы управления вводом-выводом, транзитные



программы логической системы управления вводом-выводом, программу управления заданиями и т. д.

Из области совместно используемых программ части операционной системы ДОС-3 переносятся в реальную память посредством механизма обмена страниц. Вследствие того, что эти системные программы реентерабельны, их не нужно копировать в страничный набор. Копия совместно используемой виртуальной рабочей области хранится в страничном наборе данных. Верхняя граница совместно используемой виртуальной рабочей области устанавливается при генерации системы и определяет нижнюю границу личной виртуальной области. Этот адрес является адресом, начиная с которого пользователь обычно редактирует свои программы. Каждому заданию пользователя предоставляется собственная (личная) виртуальная область (т. е. строятся соответствующие таблицы страниц). В это же время (или во время редактирования) строится область SYSLNK. После загрузки программы для выполнения ее копия остается неизменной в библиотеке абсолютных модулей, а изменяемые копии программы и данных хранятся в страничном наборе и используются в механизме обмена страниц между реальной памятью и страничным набором. Размер личной виртуальной области может быть динамически увеличен максимально до 16 Мбайт.

Реальная память или область реальных страниц делится на две части: область идентичных адресов и область замещаемых страниц. Содержимым области идентичных адресов является постоянная резидентная часть управляющей программы ДОС-3, т. е. реальная часть всех виртуальных областей. Последовательность страниц совместно используемой и личной виртуальной памяти переносится в реальные страницы при необходимости. Управляющая программ, периодически выполняет процедуру просмотра с целью определения, какие страницы больше не требуются в реальной памяти, что бы в конечном итоге сохранить содержимое измененных страниц в страничном наборе.

Страничный набор размещается на одном или нескольких томах магнитных дисков, в каждом томе должен быть распределен единственный смежный участок. Набор формирует необходимую область памяти на магнитных дисках для сохранения образа измененного или построенного содержимого любой области виртуальной памяти. Вся область страничного набора предварительно форматируется блоками объемом 1 Кбайт каждый, единицей размещения является один сегмент. Динамическое размещение сегментов определяется с помощью схемы набора сегментов в реальной памяти. Максимальный объем этого набора является параметром генерации системы ДОС-3.

**Ввод и планирование заданий.** Задания вводятся в систему по средством устройства (устройств), назначенного оператором в качестве устройства системного ввода. При наличии нескольких системных устройств ввода или если системным устройством ввода является виртуальное устройство, то система работает в мультипрограммном режиме. Системным устройством ввода могут быть перфокарточное устройство ввода, накопитель на магнитных дисках: или накопитель на магнитной ленте, виртуальное системное устройство ввода, которое может быть связано с любым устройством одиночных записей, устройство ввода с гибких магнитных дисков или телекоммуникационное устройство.

Единицей задания и планирования ресурсов является заказ, со стоящий из одного или нескольких заданий, которые могут обрабатываться последовательно и использовать одни и те же системные ресурсы.

Первым оператором любого заказа должен быть оператор \*\$\$JOB, функцию которого можно условно описать как создание и описание раздела. Параметры оператора \*\$\$JOB используются системным планировщиком, чтобы определить, все ли затребованные ресурсы доступны и, следовательно, можно ли создать и запустить нужный раздел. Пользователь сначала указывает требуемый объем виртуальной памяти в Килобайтах и фактический объем реальной памяти (объем рабочего множества страниц). Требуемая конфигурация других ресурсов (периферийных устройств, томов

на магнитных дисках и магнитных лентах, файлов) указывается путем ссылки на некоторую фазу описания раздела в библиотеке абсолютных модулей. Любое количество различных фаз описания разделов может быть записано и закаталогизировано с помощью системных макрокоманд. Фаза описания раздела содержит список стандартных назначений, в котором указаны все устройства (посредством физического адреса (CUU) или класса устройства), ленточные и дисковые тома, необходимые для выполнения всего заказа.

Эта информация используется системой для определения возможности начала работы, резервирования всех требуемых устройств и построения соответствующей таблицы логических устройств раздела.

Планировщик работ строит таблицу запросов для работы и ставит ее в очередь заданий системы. При наличии всех затребованных ресурсов они резервируются, строятся таблицы раздела и запускается первое задание заказа. Совместно применяемые устройства ввода-вывода не резервируются для исключительного использования. Устройства ввода-вывода рекомендуется распределять по классу или регистрационному номеру тома, чтобы полностью воспользоваться гибкостью системы. Выводные файлы и файлы обновления на магнитных дисках резервируются во время открытия для единоличного использования, вводные файлы могут быть коллективными.

**Супервизор.** ДОС-3 состоит из сравнительно небольшого ядра, в которое входят обработчик прерываний, обработчик очередей, SVS — программы, программы восстановления ошибок ввода-вывода на магнитных дисках, программа поиска отсутствующей страницы и др.

Ядро постоянно находится в области идентичных адресов. Кроме ядра, супервизор включает ряд программ, постоянно хранящихся в области совместно используемых программ. Оглавление всех программ этой области строится редактором и заносится в область идентичных адресов во время начальной загрузки. Супервизор может управлять параллельной обработкой до 5 независимых работ (поточков заданий), каждая из которых выполняется в своем разделе; до 99 подзадач может быть создано и выполнено параллельно в любом разделе.

**Логическая система управления вводом-выводом.** При разработке логической системы управления вводом-выводом для операционной системы ДОС-3 ЕС учитывались три основные цели:

- сохранение преемственности логической системы управления вводом-выводом;
- улучшение эффективности системы с учетом ее функционирования в виртуальной среде;
- повышение гибкости системы.

Первая цель достигнута путем сохранения в логической системе управления вводом-выводом операционной системы ДОС-3 ЕС всех методов доступа к данным, которые существовали в предыдущих версиях ДОС ЕС. Декларативные и исполнительные макрокоманды системы сохраняют на символическом уровне основные черты из предшествующих систем, при этом, однако, ряд параметров описания файлов не учитывается. Все способы расширения системы проектировались таким образом, чтобы не нарушить совместимость программ. Была сохранена и организация файлов различных форматов. Исключение составляет организация индексно-последовательных файлов, которая претерпела некоторые изменения из-за реализации некоторых более современных концепций индексно-последовательных файлов. Система предлагает программы преобразования индексно-последовательных файлов предыдущих версий ДОС ЕС в индексно-последовательные файлы ДОС-3 ЕС.

Необходимость достижения второй цели возникла вследствие того, что логическая система управления вводом-выводом операционной системы ДОС-3 предназначена для функционирования в виртуальной среде, а аппаратное обеспечение операций ввода-вывода в виртуальной среде недостаточно развито. Основной задачей при выполнении

любой операции ввода-вывода является фиксирование всех областей памяти, необходимых при выполнении операции ввода-вывода, в реальной памяти на протяжении всего времени выполнения операции. Такие рабочие области, как область программы канала, списка адресов для косвенной адресации в канале, дискового адреса для поиска определенного блока на магнитных дисках и др. резервируются в одной области во время процедуры открытия файла данных. В программе пользователя рекомендуется также не определять областей ввода-вывода. В этом случае выделение областей ввода-вывода выполняется автоматически во время процедуры открытия. Автоматическое выделение рабочих областей во время процедуры открытия позволяет получить смежную область для всех рабочих областей, связанных с операцией ввода-вывода, что экономит число необходимых страниц для фиксирования в реальной памяти и позволяет выполнить однократное фиксирование во время процедуры открытия вместо многократного фиксирования при запуске каждой операции ввода-вывода.

Повышение гибкости логической системы управления вводом выводом достигается следующими способами:

изменением принципа подключения исполнительных модулей ввода-вывода. Исполнительные модули ввода-вывода подключаются во время процедуры открытия файла данных, и так как они являются реентерабельными, их можно использовать в нескольких задачах одновременно, что значительно экономит память при мультипрограммном режиме работы;

предоставлением возможности динамического выделения областей ввода-вывода во время процедуры открытия файла;

возможностью динамического изменения параметров, например непосредственно перед запуском программы можно указать размер блока записей и размер самих записей;

более высокой степенью независимости от состава периферийных устройств. При назначении устройств можно указывать только тип устройств, а операционная система будет выделять одно из свободных устройств данного типа.

**Библиотеки.** В операционной системе ДЭС-3 ЕС существуют пять типов библиотек: абсолютных модулей (фаз), объектных модулей, исходных модулей, процедур и отредактированных макроопределений.

Библиотека абсолютных модулей предназначена для хранения готовых для выполнения программ (фаз). Кроме обыкновенных фаз, эта библиотека содержит фазы описания разделов, которые используются во время запуска разделов и списывают ресурсы, необходимые для раздела, содержит еще оглавление программ, находящихся в виртуальной области совместно применяемых программ.

Библиотека объектных модулей предназначена для хранения объектных модулей, являющихся результатом работы трансляторов с языков программирования. В основном эта библиотека служит для хранения стандартных программ, хранящихся в виде объектных модулей, удобном для подключения к другим программам.

Библиотека исходных модулей предназначена для хранения модулей на исходных языках программирования. Предусмотрен удобный аппарат внесения изменений в исходные модули и подключения других исходных модулей в качестве частей заданного исходного модуля.

Библиотека процедур предназначена для хранения часто используемых наборов заданий. Имеется аппарат настройки процедур на конкретные применения (подстановки заданных параметров).

При каталогизации макроопределений осуществляется тщательный синтаксический контроль, благодаря которому ускоряется отладка макроопределений и преобразование, макроопределения из обычного формата в отредактированный, существенно ускоряющий процесс генерации макрорасширений из макроопределений. Эти сведения содержатся в библиотеке отредактированных макроопределений.

Все библиотеки являются дисковыми файлами. В начале каждой библиотеки имеется оглавление элементов библиотеки, которые сортируются и блокируются. В целях ускорения поиска каждый блок оглавления снабжается ключом. Текст элементов библиотеки хранится в блоках постоянной длины. Все библиотеки могут быть системными или личными.

Общая программа обслуживания библиотек выполняет над элементами библиотек такие функции, как каталогизацию, удаление, переименование, корректировку, перфорацию и печать отдельных элементов или групп элементов библиотек. Программа обслуживания, служащая для копирования и реорганизации библиотек, осуществляет перенос целых библиотек, подбиблиотек и групп элементов библиотек с магнитного диска на магнитную ленту, т. е. копирует библиотеки, подбиблиотек, группы элементов или отдельные элементы из одной или нескольких вводных библиотек в одну выводную библиотеку. В течение этого переноса происходит упорядочение и сжатие текста.

**Система косвенного ввода-вывода.** Реальные возможности мультипрограммирования при малом составе технических средств ограничиваются числом устройств одиночных записей, особенно числом построчно печатающих устройств. Поэтому в управляющую программу ДЭС-3 включена система косвенного ввода-вывода. Во время генерации системы пользователь может определить любое число виртуальных устройств одиночных записей, каждое из которых связывается с одним из реальных устройств. Виртуальные устройства могут использоваться одновременно несколькими разделами.

Если определено несколько дополнительных виртуальных печатающих или других устройств, то любая программа в любом разделе может одновременно использовать все эти устройства. Полученные в результате данные могут затем печататься последовательно на одном реальном печатающем устройстве.

Несколько иная ситуация при вводе. Здесь оператор может начинать процесс буферизации данных на любом количестве вводных устройств, в том числе телекоммуникационных устройств. Одновременно может происходить прямой ввод других работ в систему, если для соответствующего логического устройства ввода назначено реальное периферийное устройство.

Таким образом, можно комбинировать по желанию прямой и косвенный ввод-вывод, т. е. системный ввод-вывод данных через SYSRDR, SYSIPT, SYSLST и SYSPCH с АП или вывод на них возможен только в режиме косвенного ввода-вывода. В этом случае (косвенный ввод-вывод по линиям телеобработки) любая программа может читать (записывать) свои данные с абонентского пункта (и на абонентский пункт) с помощью обычных макрокоманд логической системы управления вводом-выводом так, как если бы они поступали с перфокарточного устройства ввода или выводились на печатающее устройство и т. д.

Предусмотрен язык управления заданиями и язык команд оператора, которые позволяют устанавливать и изменять приоритеты отдельных работ, определять необходимость сохранения или обработки данных, удаления после обработки или пересылку из очереди вывода в какую-либо очередь ввода. Большинство управляющих команд центрального оператора доступны удаленному оператору.

С помощью управляющих операторов в вводном потоке данных можно включать в поток данные, поступающие с других устройств ввода. Это особенно полезно в случае ввода данных с гибких магнитных дисков или перфоленточных устройств, подготовленных без соответствующих управляющих карт. Вводные данные с нестандартных устройств, например, с перфоленточных устройств ввода, можно преобразовать в стандартный код ДКОИ, а затем обрабатывать обычным образом.

Система косвенного ввода-вывода позволяет оператору определить фактическое состояние очередей ввода-вывода, состояние текущих работ, использование ресурсов и т. д. Это обеспечивает сбор основных учетных данных, которые сохраняются

автоматически в виде отдельной очереди данных и выводятся по мере надобности. Система построена таким образом, чтобы обеспечивать простоту и эффективность повторного запуска после возникновения ошибки устройства.

### 7.15. ПАКЕТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ

Пакеты прикладных программ (ППП) наряду с рассмотренными выше операционными системами и программами технического обслуживания являются составной частью системы программного обеспечения ЕС ЭВМ. ППП представляет собой функционально законченный комплекс программных средств, ориентированный на решение определенного логически целостного класса задач.

Пакеты прикладных программ, разработанные в рамках ЕС ЭВМ, отличаются независимостью от типа используемых технических средств и периферийного оборудования, легкостью настройки, разнообразием классов решаемых задач (областей применения) и различными алгоритмами решений в каждом классе. Они ориентируются на работу под управлением операционных систем ДОС ЕС и ОС ЕС и во многих случаях являются их дальнейшим расширением. Фонд прикладных программ ЕС ЭВМ в настоящее время составляют более ста пакетов общим объемом несколько миллионов команд.

По сферам применения и классам решаемых задач выработалась следующая классификация пакетов прикладных программ:

общего назначения;

для решения инженерных и научно-технических задач;

для решения задач экономического характера и задач АСУ;

расширяющие возможности основных операционных систем.

ППП общего назначения включают программы, реализующие математические методы (например, методы теории массового обслуживания, теории вероятностей, математического программирования и т. д.) для решения задач, которые относятся ко многим сферам применения. Как правило, эти программы составляют основу сложных прикладных задач управления и планирования, исследования операций, моделирования и т. п., но могут иметь и большое самостоятельное значение.

Для решения задач вычисления специальных функций, интерполяции, оптимизации, расчета конструкций, медицинских исследований и других предназначены отдельные пакеты, а также методо-ориентированные (численной математики, математической статистики и т. д.) ППП для инженерных и научно-технических расчетов. Этот класс пакетов прикладных программ характеризуется большим разнообразием решаемых задач и постоянным их увеличением. Опираясь на создание программы как на основу и используя языки программирования высокого уровня, предназначенные именно для научно-технических применений, пользователь может создавать пакеты, ориентированные для решения собственных задач.

С помощью ППП для экономических расчетов и АСУ реализуется решение задач управления и планирования производством, оперативного и перспективного планирования, материально-технического снабжения и др. В связи с широким внедрением средств ЕС ЭВМ в разного рода системы автоматизированного управления указанный класс ППП приобретает важное значение, требует написания новых программ и особенно их типизации в виду массового характера их применения.

Усилия разработчиков программных средств ЕС ЭВМ, специализирующихся на вопросах прикладного программирования, в основном сосредоточены на создании пакетов прикладных программ, расширяющих возможности основных операционных систем. Эти пакеты предназначены для обеспечения некоторых режимов эксплуатации вычислительных систем, а также функционирования специальных технических средств.

Поскольку данный класс пакетов по своему функциональному значению представляет особый интерес для пользователей ЕС ЭВМ, ниже более детально дана

характеристика программ, расширяющих функции операционных систем в направлении обеспечения дополнительных режимов работы и управления сложными структурами данных.

Важным качеством современных вычислительных систем с точки зрения их использования для построения АСУ и ИПС является наличие в составе стандартного программного обеспечения средств для организации и ведения больших массивов данных и средств, обеспечивающих коллективный доступ к таким массивам в режиме одновременного обслуживания запросов пользователя, поступающих с удаленных и локальных терминалов. В составе системы программного обеспечения ЕС ЭВМ в настоящее время имеются два пакета прикладных программ, обеспечивающих указанные функции.

**Система управления базами данных «Ока» (СУБД «Ока»)** предназначена для построения мощных информационных, справочных и управляющих систем с большим объемом обрабатываемой информации и сложными логическими связями между элементами информации.

Система обеспечивает работу с базами данных в режимах пакетном и телеобработки. В системе могут функционировать все типы удаленных и локальных терминалов ЕС ЭВМ.

Доступ к данным осуществляется средствами прикладного программирования на языках ПЛ/1, Коболе и Ассемблере через язык данных ВЕТА. Базы данных СУБД реализуют иерархические и инвертированные структуры данных.

Средства управления данными СУБД обеспечивают последовательный и произвольный доступ к базам данных и все виды обработки — выборку, включение, замещение и уничтожение на уровне логических единиц данных.

Система содержит развитые средства ведения баз данных, которые обеспечивают: протоколирование всех изменений, происходящих в базе данных, и регистрацию всех сообщений;

восстановление данных поддерживающее информационный фонд системы в правильном состоянии в случае отказов и сбоев аппаратуры;

защиту ресурсов от несанкционированного доступа;

реорганизацию и загрузку баз данных;

подготовку статистических отчетов.

В режиме телеобработки система «Ока» выполняет все функции, необходимые для управления приемом, передачей, переключением и трансляцией сообщений, которыми обменивается сеть терминалов с ЭВМ.

**Система телеобработки баз данных «Кама»** предназначена для использования в качестве базового программного обеспечения при построении:

широкого класса обычных применений систем телеобработки, включая переключение сообщений, получение справок, ввод данных в режиме диалога, сбор данных;

справочно-информационных систем коллективного пользования, работающих в оперативном режиме и характеризующихся малым временем реакции.

Система «Кама» обеспечивает такие виды обработки, как ввод и накопление данных в оперативном режиме, передачу сообщений с одного терминала на другой, оперативный запуск прикладных программ с терминалов. Кроме того, данная система одновременно обслуживает запросы пользователей, поступающих через сеть терминалов. Число одновременно выполняемых программ ограничивается только размерами имеющейся оперативной памяти.

Запросы пользователей реализуются прикладными программами, которые могут быть написаны на языках высокого уровня — ПЛ/1, Коболе и на языке Ассемблера. Связь прикладных программ с системой телеобработки реализуется средствами макрокоманд.

Управление данными системы телеобработки баз данных предоставляет средства

работы с файлами, имеющими последовательную организацию, и базами данных, которые построены на файлах ОС ЕС с индексно-последовательной или прямой организацией. Информационные возможности системы телеобработки баз данных обеспечивают ведение, выборку, запись и обновление информации в базах данных.

Начальная загрузка баз данных и целостность баз данных полностью возлагаются на разработчиков информационной системы.

**Пакет прикладных программ КРОС** предназначен для расширения возможностей операционной системы ОС ЕС. При работе операционной системы совместно с пакетом прикладных программ КРОС достигается:

повышение производительности вычислительной системы благодаря изменению алгоритма управления заданиями ОС ЕС и использованию специальных методов доступа для работы с входными потоками заданий и выходными потоками данных. Степень повышения производительности зависит от конфигурации ЭВМ и характера выполняемых заданий;

автоматизация функций оператора ЭВМ. Пакет прикладных программ КРОС выполняет автоматически часть действий, обычно выполняемых оператором ЭВМ.

Например, пакетом КРОС планируются и запускаются программы системного ввода, системного вывода и инициаторы. Кроме того, операторам ЭВМ предоставляется ряд дополнительных команд, обеспечивающих управление выполнением заданий и функционирование периферийных устройств:

динамическое упорядочение решения задач на основе учета использования центрального процессора и периферийных устройств;

автоматическое включение во входной поток заданий, сформированных программами пользователя.

Использование пакета КРОС уменьшает потребности вычислительной системы в необходимых ресурсах. В частности, требуется меньший размер памяти на устройствах прямого доступа, необходимый для размещения входных и выходных наборов данных. Объем оперативной памяти, необходимый для работы пакета КРОС, в общем случае меньше того объема, который требуется стандартным средствам ОС ЕС, выполняющим аналогичные функции.

Благодаря наличию в пакете КРОС возможности ввода заданий через удаленную станцию пользователь может выполнять задания под управлением ОС ЕС и КРОС, находясь на значительном расстоянии от вычислительной системы.

В качестве удаленных станций могут использоваться ЭВМ Единой системы, имеющие стандартный набор команд и абонентские пункты АП-4 (ЕС-8504).

Необходимо отметить, что использование пакета прикладных программ КРОС не требует изменений в операционной системе ОС ЕС и программах пользователя.

Пакет прикладных программ КРОС не зависит от издания ОС ЕС и может служить основой для разработки новых средств и возможностей, не затрагивающих ОС ЕС и программ пользователя ЭВМ.

**Пакет прикладных программ РОС** предназначен для функционирования вычислительной системы, в состав которой может входить произвольное число ЭВМ ЕС, каждая из которых работает под управлением операционной системы ОС ЕС.

Пакет прикладных программ РОС работает на одной ЭВМ многомашинной вычислительной системы. Эта ЭВМ называется обслуживающей, остальные ЭВМ многомашинной вычислительной системы называются основными. Связь между обслуживающей и основными ЭВМ осуществляется через адаптеры канал — канал.

Использование ОС ЕС совместно с пакетом РОС в многомашинной вычислительной системе повышает производительность и надежность такой вычислительной системы по сравнению с отдельно используемыми ЭВМ и позволяет сократить число операторов ЭВМ, обслуживающих многомашинную вычислительную систему. Эти преимущества достигаются благодаря разделению функций по выполнению заданий

между обслуживающей и основными ЭВМ и использованию дополнительных возможностей, предоставляемых пакетом прикладных программ РОС.

Разделение функций по выполнению заданий состоит в следующем. Обслуживающая ЭВМ осуществляет:

- ввод и построение общей очереди заданий для всей многомашинной вычислительной системы;

- планирование выполнения заданий на основных ЭВМ с учетом требований пользователя;

- передачу задания для выполнения в выбранную основную ЭВМ;

- прием данных от основной ЭВМ, полученных в результате выполнения задания;

- вывод полученных данных на печать и перфорацию;

- автоматическую выдачу требуемых команд оператора в основную ЭВМ.

Так как все вспомогательные функции по обработке заданий возложены на обслуживающую ЭВМ, основная ЭВМ занята только выполнением заданий. Кроме того, вместо медленных устройств ввода заданий, вывода данных и консоли оператора основная ЭВМ использует для передачи данных высокоскоростные адаптеры канал — канал. Такие условия работы основной ЭВМ в составе многомашинной вычислительной системы значительно увеличивают эффективность ее работы по сравнению с обычным режимом использования.

Дополнительные возможности пакета РОС включают:

- управление обработкой задания пользователя с помощью управляющих операторов РОС совместно с управляющими операторами языка управления заданиями ОС ЕС. Следует отметить, что применение управляющих операторов РОС не обязательно;

- возможность предварительной установки носителей данных, необходимых заданию, на основной ЭВМ до начала выполнения задания;

- обработку внутренних заданий, которая позволяет программе пользователя, выполняемой на основной ЭВМ, формировать новые задания и помещать их в общую очередь заданий РОС;

- управление зависимыми заданиями, что дает возможность пользователю установить зависимость между заданиями в некоторой группе заданий и выполнять эти задания в описанной пользователем последовательности;

- удаленную обработку заданий, т. е. возможность ввода заданий с абонентских пунктов и выдачи на них результатов обработки;

- дополнительные сервисные программы в виде стандартного набора функций обслуживания, работающих под управлением РОС;

- режим местного выполнения, когда в качестве основной и обслуживающей ЭВМ используется одна ЭВМ.

**Супервизор реального времени (СРВ)** является пакетом прикладных программ, обеспечивающим совместно с операционной системой ОС ЕС эффективное использование всех моделей в системах управления процессами или объектами в реальном масштабе времени. СРВ предоставляет средства, расширяющие функциональные возможности операционной системы, в следующих направлениях:

- применение нестандартных устройств ввода-вывода (устройств реального времени) и линий внешних Прерываний (линий реального времени) в качестве источников данных, обрабатываемых в реальном масштабе времени;

- малое время реакции системы при обработке данных, поступающих в ЭВМ от устройств и линий реального времени;

- жесткая привязка моментов выполнения функциональных программ системы к реально протекающему времени;

- ряд дополнительных возможностей по выбору (работа с резидентными и нерезидентными очередями данных, регистрация событий в системе, служба оператора и др.), которые могут быть использованы в системах управления процессами.

Для реализации перечисленных выше возможностей СРВ обладает собственными



средствами организации процесса обработки данных, на фоне которого происходит работа операционной системы. В результате СРВ обеспечивает дополнительный по отношению к имеющимся в операционной системе режим обслуживания программ, называемый далее режимом реального времени, в рамках которого выполняются программы, использующие возможности СРВ.

Универсальность СРВ и эффективность обеспечиваемого им режима реального времени достигаются благодаря наличию средств генерации СРВ. Средства генерации позволяют получать конкретные варианты СРВ с учетом конфигурации имеющихся технических средств, конфигурации используемого варианта операционной системы и особенностей функционального назначения систем управления процессами.

### **8.1. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1015**

ЭВМ ЕС-1015 производительностью 19—21 тыс. команд/с<sup>1</sup> является младшей моделью в семействе ЕС ЭВМ-2. Она предназначена для использования в режиме пакетной обработки и диалога в традиционных системах обработки данных. Кроме того, данная ЭВМ применяется в управлении железнодорожным транспортом, в управлении предприятиями, в информационных системах управления ресурсами, в энергетике, при выполнении торговых, банковских и финансовых операций, в различных системах банков данных, а также при обучении.

В соответствии с принципами работы ЕС ЭВМ-2 ЭВМ ЕС-1015 совместима с моделями ЕС ЭВМ-1 и реализует:

- операции с плавающей запятой повышенной точности;
- средства организации виртуальной памяти емкостью 16 Мбайт;
- средства защиты памяти;
- расширенные средства обработки машинных ошибок;
- средства обеспечения мониторных программ;
- средства регистрации программных событий;
- средства микродиагностики.

Особенностью структуры ЭВМ ЕС-1015 является подключение к общей шине автономных процессоров, работающих параллельно и реализующих принцип децентрализованной обработки данных. Связь между автономными процессорами, которые входят в состав центрального процессора, осуществляется с помощью простых и легко воспринимаемых стандартных сообщений. Центральный процессор, кроме того, включает устройство оперативной памяти; дисплейный (консоль оператора) пульт; три типа автономных процессоров, ориентированных на выполнение различных функций: обработки команд (UEP), ввода-вывода (ЮР) и сервисный процессор (RAP).

Консоль оператора состоит из дисплея ЕС-7168 с числом строк 16 при 56 знаках в строке и матричного печатающего устройства ЕС-7186 со скоростью печати 180 знаков/с при 132 знаках в строке.

Процессор обработки команд осуществляет:

- выборку данных из оперативной памяти;
- дешифрацию команд;
- выполнение арифметических и логических операций;
- выполнение прерываний;
- распаковку команд ввода-вывода и инициализацию работы процессора ввода-вывода.

Внутреннюю память процессора команд составляют регистры общего назначения, регистры плавающей запятой и управляющие регистры. Время цикла процессора — 550нс.

В центральном процессоре может использоваться до четырех процессоров ввода-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее производительность ЭВМ указана по статистическим смесям для решения научно-технических задач

вывода, которые выполняют различные функции. Первый процессор управляет непосредственно присоединенным печатающим устройством ЕС-7184 и периферийным оборудованием ввода-вывода через мультиплексный канал. Второй процессор управляет непосредственно подсоединенными дисками ЕС-5061, максимальное число которых 8. Третий процессор является селекторным каналом, к которому через устройство управления ЕС-5517 подключается до восьми устройств ЕС-5017. И наконец, четвертый процессор ввода-вывода осуществляет непосредственную связь с системой телеобработки данных.

Время цикла процессора ввода-вывода такое же, как и у процессора команд, а также сервисного процессора — 550 нс.

Сервисный процессор осуществляет контроль работы всех функций центрального процессора и обеспечивает: регистрацию и анализ ошибок; ввод микропрограмм, связь ЭВМ с оператором.

Оперативная память максимальной емкостью 256 Кбайт построена на интегральных схемах. Время цикла — 1 мкс, ширина выборки — 2 байта. Для организации доступа к оперативной памяти в составе центрального процессора предусмотрен автономный блок — устройство управления памятью (ОУП).

Программное обеспечение ЭВМ ЕС-1015 составляют операционная система ДОС-3 ЕС, обеспечивающая возможности ЕС ЭВМ-2, и комплект программ технического обслуживания (КПТО). КПТО включает не традиционные программные средства, а систему микродиагностик, которая выполняет следующие функции:

- коррекцию ошибок, возникающих во время работы;
- регистрацию сбоев в автоматическом режиме;
- автономное тестирование машины во время профилактики;
- локализацию дефектных блоков и узлов.

Типовой состав периферийных устройств ЭВМ ЕС-1015, а также всех остальных моделей ЕС ЭВМ-2 приведен в табл. 30.

## **8.2. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1025**

ЭВМ ЕС-1025 производительностью 35—50 тыс. команд/с является второй после ЭВМ ЕС-1015 моделью в семействе программно-совместимых машин ЕС ЭВМ-2 и принадлежит к классу малых машин. Она ориентирована на решение широкого круга научно-технических, экономических и специальных задач как в автономном режиме, так и в системах обработки информации, включая системы, работающие в реальном масштабе времени, и системы коллективного пользования. Кроме того, ЭВМ ЕС-1025 может использоваться в больших вычислительных системах как подчиненная ЭВМ для предварительной обработки информации. Область применения ЭВМ ЕС-1025 определили особенности ее построения:

более высокие технико-экономические показатели и в первую очередь отношения производительность/стоимость по сравнению с ЭВМ ЕС-1021 за счет более гибкой и эффективной внутренней логической структуры;

- организация виртуальной памяти емкостью 16 Мбайт;
- подключение широкого комплекса внешних устройств;

непосредственное подключение внешних запоминающих устройств большой емкости;

легкий и удобный способ подключения к системам телеобработки данных, а также к другим вычислительным машинам.

Структура процессора ЭВМ ЕС-1025 подобна структуре процессора ЭВМ ЕС-1015. Она точно так же рассчитана на децентрализацию выполнения функций, позволяющих обрабатывать арифметическо-логические команды параллельно с вводом-выводом информации с периферийных устройств, с действиями с пульта оператора и

Тип периферийного устройства	ЭВМ						
	ЕС-1015	ЕС-1025	ЕС-1035	ЕС-1045	ЕС-1055	ЕС-1060	ЕС-1065
Устройство управления накопителями на магнитных дисках	–	–	ЕС-5561 (1 шт.)	ЕС-5561 (1 шт.)	ЕС-5561 (1 шт.)	ЕС-5566 (2 шт.)	ЕС-5566 (2 шт.)
Накопитель на сменных магнитных дисках	ЕС-5061 (3 шт.)	ЕС-5061 (ЕС-5066) (2 шт.)	ЕС-5061 (3 шт.)	ЕС-5061 (4 шт.)	ЕС-5061 (8 шт.)	ЕС-5066 (6 шт.)	ЕС-5066 (8 шт.)
Устройство управления накопителями на магнитной ленте	ЕС-5517 (1 шт.)		ЕС-5517 (1 шт.)	ЕС-5517 (1 шт.)	ЕС-5517 (1 шт.)	ЕС-5517 (2 шт.)	ЕС-5525 (2 шт.)
Накопитель на магнитной ленте	ЕС-5017 (3 шт.)	ЕС-5004 (6 шт.)	ЕС-5017 (6 шт.)	ЕС-5017 (6 шт.)	ЕС-5017.02 (8 шт.)	ЕС-5017.03 (8 шт.)	ЕС-5025 (8 шт.)
Пишущая машинка с блоком управления				ЕС-7077 (1 шт.)		ЕС-7077 (2 шт.)	ЕС-7077 (2 шт.)
Алфавитно-цифровое печатающее устройство	ЕС-7184 (1 шт.)	ЕС-7034 (ЕС-7039) (2 шт.)	ЕС-7032 (1 шт.)	ЕС-7032 (2 шт.)	ЕС-7033 (1 шт.)	ЕС-7033 (2 шт.)	ЕС-7032 (2 шт.)
Устройство ввода с перфокарт	ЕС-6016 (1 шт.)	ЕС-6016 (2 шт.)	ЕС-6012 (1 шт.)	ЕС-6012 (2 шт.)	ЕС-6016 (1 шт.)	ЕС-6019 (2 шт.)	ЕС-6019 (2 шт.)
Устройство вывода на перфокарты	ЕС-7014 (1 шт.)	ЕС-7014 (2 шт.)	ЕС-7010 (1 шт.)	ЕС-7010 (1 шт.)	ЕС-7014 (1 шт.)	ЕС-7010 (2 шт.)	ЕС-7010 (2 шт.)
Устройство ввода с перфоленты			ЕС-6022 (1 шт.)	ЕС-6022 (1 шт.)		ЕС-6022 (2 шт.)	ЕС-6022 (2 шт.)
Устройство вывода на перфоленту			ЕС-7022 (1 шт.)	ЕС-7022 (1 шт.)		ЕС-7022 (2 шт.)	ЕС-7022 (2 шт.)
Перфоленточная станция ввода-вывода		ЕС-7902 (2 шт.)					
Устройство ввода-вывода алфавитно-цифровой и графической информации							ЕС-7064 (2 шт.)
Устройство группового управления с выносными пультами (четыре дисплея)						ЕС-7906 (1 шт.)	ЕС-7906 (1 шт.)
Ретранслятор логический							ЕС-4080 (1 шт.)
Адаптер канал — канал							ЕС-4061 (1 шт.)

диагностическими процедурами. В соответствии с этим процессор ЕС-1025 составляют шесть автономных функционально-законченных модуля, подключаемых к общей шине.

Связь между любыми двумя модулями осуществляется с помощью встроенных в каждый из них специальных адаптеров сопряжения. Поскольку модули используют общую шину с разделением во времени, то для увеличения пропускной способности шина физически разделена на две. Кроме того, для удобства диагностирования имеется еще третья шина для асинхронной передачи сигналов от сервисного модуля к остальным и обратно.

Процессор ЕС-2025 включает следующие основные модули: операционный, сервисный, управления, оперативной памяти, дисковый и мультиплексный.

Кроме того, в зависимости от применения в состав процессора могут входить дополнительные средства:

второй модуль оперативной памяти;  
ленточный модуль;  
коммутационный модуль.

Каждый из перечисленных модулей использует микропрограммное управление и набор внутренних регистров, обеспечивающих выполнение возложенных на него функций.

Операционный модуль реализует выполнение универсального набора команд ЕС ЭВМ-2, в том числе стандартного набора операций, операций с десятичными числами, операций с плавающей запятой, обычной и повышенной точности, операций преобразования адресов, условного обмена, а также операций, обеспечивающих работу со средствами времени и ключами защиты памяти.

Как уже отмечалось, важной особенностью моделей ЕС ЭВМ-2 является наличие развитой диагностической системы, которая обеспечивает обнаружение, быструю локализацию (а в некоторых случаях и исправление данных) неисправностей вследствие сбоев и отказов, возникших при эксплуатации ЭВМ. ЭВМ ЕС-1025 в этом смысле не является исключением и использует для целей диагностики как программные средства, так и специальное аппаратное оборудование. Программные средства предназначены главным образом для диагностики устройств ввода-вывода и внешних запоминающих устройств на магнитных дисках и лентах. Аппаратное оборудование включает систему связей, обеспечивающую непосредственную запись и чтение информации в каждом модуле или его наиболее важных частях, и специальный сервисный модуль, который предназначен для начальной записи микропрограмм, управления процедурами микрочасти и обработки информации о неисправностях. Кроме того, аппаратные средства диагностической системы ЭВМ ЕС-1025 включают пульт оператора с алфавитно-цифровым дисплеем ЕС-4063, печатающим устройством последовательного типа ЕС-7934 и накопителями на гибком диске ЕС-5074 или ЕС-5075. В процессе функционирования ЭВМ информация о неисправностях накапливается на гибком диске и может быть выдана на дисплей или печатающее устройство для оперативного анализа причин возникновения сбоев и отказов. Кроме того, на гибких дисках хранится информация о причинах наиболее характерных неисправностей, когда-либо происшедших у пользователя, которая по существу представляет собой набор диагностических тестов, позволяющих быстро и эффективно выявлять и исправлять нарушения функционирования ЭВМ.

Модуль управления в процессоре ЕС-2025 — это по существу устройство управления памятью, которое выполняет все необходимые функции по организации работы с оперативной памятью и организации доступа к данным.

Модуль оперативной памяти построен на интегральных схемах емкостью 1024 бит в корпусе. Объем одного модуля составляет 128 Кбайт. Использование дополнительного модуля памяти позволяет получить максимально возможный объем оперативной памяти ЭВМ ЕС-1025, равный 256 Кбайтам. Цикл чтения оперативной памяти составляет 500 нс, цикл записи — 750 нс, разрядность — 72 бита.

Дисковый модуль представляет собой адаптер для непосредственного подключения до четырех накопителей на дисках, точно так же как ленточный модуль служит для непосредственного подключения накопителей на магнитной ленте.

Мультиплексный модуль предназначен для подключения к ЭВМ периферийных устройств ввода-вывода посредством стандартного интерфейса ввода-вывода. Пропускная способность мультиплексного модуля в монопольном режиме составляет 29 Кбайт/с, в мультиплексном режиме — 24 Кбайт/с. Число мультиплексных подканалов равно 32 с максимальной пропускной способностью для однобайтового интерфейса — 29 Кбайт/с. Суммарная пропускная способность мультиплексного модуля — 1,0 Мбайт/с.

Отличительной особенностью структуры процессора ЭВМ ЕС-1025 является наличие коммутационного модуля, который содержит 16 линий для подключения как

терминального оборудования системы телеобработки данных, так и подключения малых машин серии СМ ЭВМ.

### **8.3. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1035**

ЭВМ ЕС-1035 быстродействием 140—160 тыс. команд/с является вычислительной машиной среднего класса производительности. Она предназначена для решения широкого круга научно-технических, экономических и специальных задач как в системах пакетной обработки данных коллективного пользования, системах телеобработки и системах реального времени, так и в областях, где необходимы универсальная ЭВМ большой вычислительной мощности и широкий набор высокоскоростных периферийных устройств. Эта модель может найти применение в малых и средних вычислительных центрах, а также в низших и средних звеньях автоматизированных систем управления. Она реализует универсальный набор команд ЕС ЭВМ и программно совместима с другими моделями ЕС. Средства эмуляции обеспечивают программную совместимость с ЭВМ «Минск-32».

Путем подключения к ЭВМ связанного процессора ЕС-8371 можно создать универсальный вычислительный комплекс коллективного пользования и телеобработки информации. С помощью спецпроцессора для матричных вычислений можно получить вычислительный комплекс для научных исследований, ориентированный на матричную обработку больших массивов данных.

Процессор (ЕС-2635) является центральным устройством ЭВМ ЕС-1035 и предназначен для выполнения арифметических и логических операций, организации обращения к оперативной памяти, организации обмена данными между оперативной памятью и каналами, управления последовательностью выполнения команд, действиями при прерываниях, работой средств отсчета времени, начальной загрузкой программы, работой устройств ввода-вывода.

Процессор обрабатывает числа, записанные в двоичном коде, числа с плавающей запятой фиксированной длины, числа десятичные переменной длины, а также логическую информацию фиксированной и переменной длины.

В состав данного процессора входят: центральный процессор (ЕС-2435) с байт-мультиплексным и двумя селекторными каналами, устройство оперативной памяти ЕС-3235 и устройство питания ЕС-0835.

Кроме того, в составе процессора предусмотрены дополнительные средства: адаптер канал — канал, обеспечивающий совместную работу двух ЭВМ ЕС-1035 и позволяющий пересылать массивы данных из одной ЭВМ в другую через селекторные каналы; два селекторных канала или интегральный файловый адаптер.

Управление работой АЛУ — микропрограммное, разрядность — двухбайтовая. Управление осуществляется с помощью перезагружаемой памяти микропрограмм на ИС с циклом 200 нс, разрядностью 32 бита и емкостью до 64 Кбайт. Микропрограммы загружаются в память с пульта накопителя на магнитной ленте. Пользователь при необходимости может заменять хранимые в памяти микропрограммы. С помощью специального набора диагностических микропрограмм производится автоматическая локализация и индикация неисправностей ЭВМ. Проверка работоспособности вычислительной машины с помощью системы микродиагностики занимает не более 15 мин.

При обращении к оперативной памяти или к памяти микропрограмм формируется корректирующий код, записываемый в память, с помощью которого анализируется достоверность передачи данных. При появлении одиночной ошибки информация корректируется.

В случае возникновения сбоя в процессоре управление передается микропрограмме повторения, которая восстанавливает ситуацию, предшествующую сбою, и передает управление на участок микропрограммы, где произошел сбой. При успешном

повторении продолжается нормальная работа ЭВМ, ошибка регистрируется в памяти для анализа.

Система команд включает арифметические команды, обрабатывающие операнды с плавающей запятой длиной 128 разрядов.

Оперативная память для ЭВМ ЕС-1035 выполнена в двух вариантах: устройство на ферритовых сердечниках ЕС-3235 и устройство на интегральных микросхемах ЕС-3238. Устройство оперативной памяти ЕС-3235 имеет переменную комплектацию: 256, 512 и 1024 Кбайт. Время цикла памяти — 2 мкс, ширина выборки — 72 разряда, время выборки — 800 не. Устройство оперативной памяти ЕС-3238 построено на интегральных схемах 4 Кбит и содержит объем, равный 2 Мбайтам. Время цикла памяти — 850 не, время выборки — 650 не.

Каналы ввода-вывода (селекторные и байт-мультиплексные) ЭВМ ЕС-1035 используют для своей работы оборудование процессора, т. е. являются интегрированными. Селекторный канал обеспечивает подключение к процессору быстродействующих периферийных устройств (устройств внешней памяти). Комплект машины включает два селекторных канала, к каждому из которых может быть подключено до 256 устройств. Байт-мультиплексный канал работает с низкоскоростными устройствами ввода-вывода. К одному мультиплексному каналу можно подключить до 184 устройств.

Предусмотрена возможность работы селекторных каналов в блок-мультиплексном режиме, что позволяет подключить к селекторным каналам до 512 устройств.

В мультиплексном канале число подканалов (число подключаемых устройств) определяется объемом управляющей памяти, отводимой для хранения управляющих слов канала, т. е. составляет от 64 до 128.

Выполнение команд ввода-вывода и передача данных осуществляются микропрограммами мультиплексного канала.

Максимальная пропускная способность мультиплексного канала — 30 Кбайт/с.

В селекторных каналах применяется смешанный принцип управления. Команды ввода-вывода выполняются микропрограммами селекторного канала, а передача данных между оперативной памятью и каналами — аппаратно, с частичным использованием оборудования центрального процессора. Максимальная скорость передачи данных в селекторном канале — 790 Кбайт/с, суммарная пропускная способность каналов — 1,2 Мбайт/с.

В ЭВМ ЕС-1035 реализованы все основные концепции ЕС ЭВМ-2:

- расширенный набор команд;
- виртуальная память;
- блок-мультиплексный режим работы каналов;
- мультисистемные средства и средства отсчета времени;
- регистрация программных событий;
- обеспечение мониторинговых программ;
- повышение точности операций с плавающей запятой;
- корректирующие коды оперативной памяти;
- развитые микродиагностические процедуры.

Особенностью ЭВМ ЕС-1035 является наличие средств эмуляции ЭВМ «Минск-32», которые позволяют использовать большой фонд прикладных программ, разработанных для этой машины. Эти средства включают:

- средства эмуляции программ «Минск-32»;
- средства преобразования программ на исходных языках;
- средства переноса данных.

Обеспечение совместимости ЭВМ «Минск-32» и ЕС-1035 исходя из соображений экономической эффективности реализовано на двух уровнях: программном и программно-микропрограммном (уровень эмуляции).

Целесообразность применения программного уровня совместимости объясняется тем, что многие программы для ЭВМ «Минск-32» написаны на языках программирования высокого уровня и процесс их первичной интерпретации не критичен ко времени. Первичная интерпретация предусматривает последовательность конвертирования, трансляции и выполнения.

Второй уровень обеспечения совместимости — эмуляция — используется для программ, написанных на машинном языке ЭВМ «Минск-32». Такие программы составляют большую часть всего фонда программ, поскольку они наиболее экономичны. Поэтому уровень эмуляции является основным и наиболее эффективным. Исходя из больших отличий в представлении данных, формализации вычислительных процессов и операций ввода-вывода на втором уровне совместимости 68% системы команд охвачено микропрограммной интерпретацией, а 32% — программной. Программная интерпретация команд «Минск-32» в основном приходится на интерпретацию общих экстракодов обмена и экстракодов обмена с внешними устройствами. Микропрограммная интерпретация распространяется как на операции вычислений, так и на операции ввода-вывода.

Эмуляция ввода-вывода реализована для внешних устройств основного комплекта ЭВМ «Минск-32» с помощью соответствующих аналогов в комплекте внешних устройств ЕС-1035. При этом могут использоваться носители, предназначенные для работы в ЭВМ «Минск-32», либо предварительно преобразованные для применения в составе ЕС-1035.

Средства совместимости ЭВМ ЕС-1035 обеспечивают эмуляцию ЭВМ «Минск-32» с повышением производительности в 1,4 раза.

#### **8.4. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1045**

ЭВМ ЕС-1045 производительностью 880 тыс. команд/с представляет собой универсальную вычислительную машину средней производительности и предназначена для решения широкого круга научно-технических, экономических, информационных и специальных задач как в автономном режиме, так и в системах обработки информации.

Универсальность ЭВМ ЕС-1045 обеспечивается сбалансированными показателями производительности процессора, универсальным набором команд, единым методом подключения разнообразных внешних устройств, развитым программным обеспечением. Логическая структура данной ЭВМ отвечает требованиям, предъявляемым к логической структуре ЕС ЭВМ-2.

ЭВМ ЕС-1045 программно совместима с моделями ЕС ЭВМ-1 (в основном режиме управления) и другими моделями ЕС ЭВМ-2 снизу-вверх.

Структура ЭВМ ЕС-1045 позволяет организовать двухпроцессорную систему на базе двух ЭВМ и многомашинные системы, обеспечивая при этом высокую производительность, надежность и живучесть.

Двухпроцессорные системы организуются путем создания общего поля основной (до 8 Мбайт) и внешней памяти для обоих процессоров, работающих под управлением одной операционной системы.

Многомашинные системы создаются путем комплексирования на уровне каналов с помощью адаптеров канал — канал, средств прямого управления, общего поля внешней памяти, причем каждая ЭВМ работает под управлением своей операционной системы.

В ЭВМ ЕС-1045 через специальный интерфейс предусмотрена возможность подключения матричного процессора, разработанного для существенного повышения эффективности решения задач по распознаванию образов, обработки геофизических данных и т. д.



Специальный метод доступа под управлением операционной системы ОС 6.1 позволяет пользователю решать задачи с использованием языков высокого уровня.

Матричный процессор вместе с электропитанием и инженерным пультом размещен в стандартной стойке ЕС ЭВМ.

Технические средства ЭВМ ЕС-1045 разработаны по принципу агрегатного конструирования, что позволяет пользователю проектировать специализированные вычислительные системы, в наибольшей степени соответствующие назначению создаваемой системы без внесения каких-либо изменений в структуру и конструкцию машины.

К стандартным средствам ЭВМ ЕС-1045, входящим в любую конфигурацию создаваемой пользователем системы, относятся:

процессор;

средства обработки в режиме ОСНОВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И РАСШИРЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ;

универсальная система команд ЕС ЭВМ-1 и большинство новых команд ЕС ЭВМ-2;

виртуальная память;

средства повторения команд;

средства монитора;

запись программных событий;

быстродействующая буферная память емкостью 8 Кбайт;

байт-мультиплексный канал;

пять блок-мультиплексных каналов.

К дополнительным средствам ЭВМ ЕС-1045, поставляемым по требованию заказчика, относятся:

матричный процессор;

средства прямого управления;

средства организации двухпроцессорной системы;

увеличение емкости основной памяти до 4 Мбайт путем подключения новых блоков объемом 1 Мбайт;

два адаптера канал — канал;

логический ретранслятор;

пульт конфигурации.

Новые конфигурации ЭВМ ЕС-1045 могут быть получены путем добавления тех или иных дополнительных средств к составу основного исполнения машины или подключения через стандартный интерфейс к каналам ввода-вывода широкой номенклатуры внешних запоминающих устройств, устройств ввода-вывода или устройств телеобработки.

Центральная часть ЭВМ ЕС-1045 размещена в трех стандартных стойках ЕС ЭВМ (процессор и каналы ввода-вывода, основная память и питание ЭВМ). В стойке питания размещены также адаптеры канал — канал, логический ретранслятор и их питание.

При подключении оперативной памяти на интегральных схемах типовой комплект ЕС-1045 размещается в двух стандартных стойках ЕС ЭВМ.

Центральный процессор ЭВМ ЕС-1045 включает следующие блоки: микропрограммного управления, выборки команд и обслуживания прерываний, арифметическо-логический, управления памятью, контроля и диагностики, а также пульт управления.

Управляющая память машины состоит из двух частей:

постоянной, предназначенной для хранения микропрограмм управления процессора и каналов ввода-вывода, и загружаемой — для хранения микропрограмм, пультовых операций, диагностических микропрограмм и микропрограмм доступа матричного процессора к ЭВМ ЕС-1045. Загрузка микропрограмм осуществляется от пультового накопителя на магнитной ленте кассетного типа МЛ-45.

В состав процессора для ускорения выполнения некоторых «длинных» арифметических и логических операций включен специальный быстродействующий блок — акселератор. В акселераторе выполняются все операции умножения, преобразования в двоичную и десятичную системы счисления упаковки и распаковки, все основные операции сдвига, некоторые операции пересылки и записи в память — всего 25 операций.

Процессор ЭВМ ЕС-1045 имеет следующие технические параметры:

Длительность машинного такта, нс . . . . .	120
Принцип управления . . . . .	Аппаратно-микропрограммный
Разрядность арифметического устройства, бит . . . . .	32
Количество уровней совмещения . . . . .	2

В состав процессора входят различные типы памяти, выполненные на интегральных схемах — управляющая, буферная, местная, память ключей защиты и т. д. В качестве основной памяти в ЭВМ ЕС-1045 использовано оперативное запоминающее устройство ЕС-3206, предназначенное для приема, хранения и выдачи информации.

Носителем информации служат ферритовые сердечники. Память построена по принципу выборки 2,5Д. Конструктивно устройство выполнено на базе типовой стойки, в которой размещаются блок управления, модули памяти (по 64 Кбайта в каждом) и система питания. Имеются средства защиты оперативной памяти по записи и чтению.

Интерфейс памяти позволяет осуществлять шинное наращивание емкости (до 4 Мбайт) оперативной памяти путем добавления новых модулей ОП.

Технические характеристики оперативного запоминающего устройства на ферритовых сердечниках приведены ниже:

Емкость, Мбайт . . . . .	1,0
Время цикла, мкс . . . . .	1,25
Время выборки, мкс . . . . .	0,65
Разрядность, байт . . . . .	8

Устройство оперативной памяти на интегральных схемах (4 Кбит в корпусе) ЕС-3267 имеет следующие технические параметры:

Емкость, Мбайт . . . . .	1,0
Время цикла, нс . . . . .	850
Время выборки, нс . . . . .	650
Разрядность, байт . . . . .	8

В целях обеспечения высокой эксплуатационной надежности и ремонтпригодности в ЭВМ ЕС-1045 предусмотрена достаточно развитая система контроля и диагностики.

Большая часть оборудования (порядка 95%) аппаратно контролируется самоконтролирующими схемами, что позволяет обнаруживать неисправности достаточно близко к моменту и месту их появления.

Средства восстановления ЭВМ ЕС-1045 дают возможность продолжить или восстановить вычислительный процесс при возникновении случайного сбоя. Это осуществляется либо коррекцией одиночных ошибок основной памяти, либо аппаратно-микропрограммным повторением 179 команд процессора, на которых произошла ошибка. При успешном повторении продолжается нормальная работа, но ошибка регистрируется для дальнейшего анализа. В противном случае до 8 раз проводится автоматическое повторение ситуации, вызвавшей сбой. Неуспешное выполнение всех попыток повторения вызывает запись состояния ЭВМ и прерывание от схем контроля.

Высокая разрешающая способность диагностики, обеспечивающая локализацию неисправности с точностью в среднем до двух-трех ТЭЗов, достигается благодаря применению микродиагностических процедур объемом до 1 Мбайта, программы которых хранятся на накопителе МЛ-45. Это дает возможность всего за 10—12 мин проверить основные узлы центральных устройств.

Система диагностики включает также аппаратуру автотестера, предназначенную для проверки ТЭЗов и позволяющую локализовать неисправности в пределах отдельного ТЭЗа с точностью до одной или нескольких микросхем. С помощью диагностических таблиц и специального пробника локализуется неисправный элемент ТЭЗа и обеспечивается быстрое восстановление работоспособности ЭВМ после отказа. В ЭВМ ЕС-1045 предусмотрено специальное устройство контроля и диагностики электропитания (АСКДЭ), позволяющее проводить автоматическое изменение напряжений источников питания, а также автоматический контроль за состоянием источников питания, вентиляторов, термодатчиков и т. д.

В ЭВМ ЕС-1045 ввод-вывод осуществляется через байт-мультиплексные и блок-мультиплексные каналы. Управление каналами ввода-вывода — комбинированное аппаратно-микропрограммное. Обмен данными по интерфейсу ввода-вывода осуществляется под управлением аппаратных средств каналов и выполняется параллельно с работой процессора. Обмен данными между каналами ввода-вывода и основной памятью, а также обработка управляющей информации выполняются средствами процессора под микропрограммным управлением. Каналы ввода-вывода разделяют с центральным процессором аппаратуру управляющей памяти.

В ЭВМ ЕС-1045 предусмотрена возможность подключения до двух байт-мультиплексных и до пяти блок-мультиплексных каналов ввода-вывода. Байт-мультиплексный канал может работать в мультиплексном и монопольном режимах со скоростью передачи данных 40 и 12 Кбайт/с соответственно и имеет число подканалов до 256.

Пропускная способность блок-мультиплексных каналов в зависимости от их номера колеблется в пределах от 0,5 до 1,5 Мбайт/с, а суммарная пропускная способность всех каналов ввода-вывода — 5 Мбайт/с.

К каждому каналу допускается физическое подключение до 10 устройств управления на расстоянии 60 м. Для увеличения числа подключаемых к байт-мультиплексному каналу устройств (до 19) в состав машины включено специальное устройство — логический ретранслятор.

## **8.5. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1055**

ЭВМ ЕС-Ю55 производительностью 450 тыс. команд/с представляет собой универсальную ЭВМ, развивающую линию машин среднего класса производительности. Она предназначена для решения широкого круга научно-технических, экономических и специальных задач как в автономном режиме работы, так и в системе обработки информации, включая системы, работающие в реальном масштабе времени и системы коллективного пользования.

ЭВМ ЕС-1055 реализует большинство свойств принципов работы ЕС ЭВМ-2, основными из которых являются:

- универсальный набор команд, за исключением четырех команд (SPX, SIGP, STAP, STPX) мультипроцессорирования;

- режимы основного и расширенного управления;

- организация виртуальной памяти аппаратными средствами в процессоре и каналах в совокупности с программной поддержкой операционной системы;

- блок-мультиплексный режим работы каналов и универсальный интерфейс связи каналов с устройствами управления периферией;

- вызов целенаправленных прерываний во время выполнения программ за счет использования средств монитора, которые позволяют собирать, анализировать и протоколировать информацию о состоянии обработки программ в момент прерывания;

- регистрация событий в программе о переходах, изменениях содержимого регистров общего назначения и оперативной памяти;

- исправление одиночных ошибок с помощью корректирующих кодов при обращении

к оперативной памяти;

получение информации о времени процессов и анализа их состояния с помощью часов астрономического времени, компаратора и таймера процессора;

анализ состояния внутренних логических схем процессора и каналов с помощью процедур микродиагностики;

повторение команд в случае возникновения ошибки при их выполнении;

расширение точности выполнения операций с плавающей запятой;

допустимость размещения операндов на произвольной байтовой границе.

Стандартными средствами логической структуры ЭВМ ЕС-1055 являются: процессор, пульт управления, байт-мультиплексный и блок-мультиплексные каналы.

К дополнительным средствам логической структуры ЭВМ ЕС-1055 относятся:

второй байт-мультиплексный канал;

два блок-мультиплексных канала;

матричный процессор;

средства прямого управления;

адаптер канал — канал;

средства многопроцессорной работы.

Центральный процессор ЕС-2655 имеет все необходимые функциональные устройства для распаковки и выполнения команд, управления вычислительным процессом, а также содержит все средства для повышения эффективности вычислений и расширения возможностей системы в соответствии с принципами работы ЕС ЭВМ. Он удовлетворяет требованиям интерактивной работы с большим числом абонентов и общим использованием массивов данных.

В процессоре реализован принцип микропрограммного управления. Управляющая память имеет объем 8 К команд по 64 разряда, время цикла — 380 нс и время выборки — 140 нс. В основном память микропрограмм выполнена как накопитель с постоянной информацией. Только часть памяти микропрограмм является перезагружаемой и именно та, которая используется системой коррекции ошибок.

В состав центрального процессора ЭВМ ЕС-1055, кроме собственно процессора, входит оперативная память и каналы ввода-вывода.

Устройство оперативной памяти ЕС-3204 реализовано на интегральных схемах с организацией 1024x1, построенных на основе МОП — технологии. В структуре оперативной памяти используется способ разделения памяти на четыре независимых логических модуля, обращение к которым осуществляется перекрытием по принципу чередования адресов, что обеспечивает заданные параметры производительности модели. Оперативная память имеет два варианта комплектации: объем 1024 Кбайт и максимально возможный объем 2048 Кбайт. Время цикла памяти — 1140 нс, ширина выборки — 8 байт. Предусмотрены средства для исправления одианных и распознавания двойных ошибок в оперативной памяти, а также средства защиты памяти по чтению и записи. Применение принципа виртуальности позволяет повысить эффективность использования оперативной памяти.

Система ввода-вывода ЭВМ ЕС-1055 представлена байт-мультиплексными и блок-мультиплексными каналами. Последние могут также применяться в селекторном режиме работы. Предусмотрена возможность подключения до 4 блок-мультиплексных и до 2 байт-мультиплексных каналов ввода-вывода. В основном исполнении используется один байт-мультиплексный и два блок-мультиплексных канала.

Байт-мультиплексный канал может работать в мультиплексном и монопольном режимах со скоростью передачи данных 40 Кбайт/с и 1 Мбайт/с соответственно и имеет число подканалов до 256. Скорость передачи данных блок-мультиплексного канала составляет для однобайтового и двухбайтового интерфейсов 1,5 и 3 Мбайт/с соответственно. Суммарная пропускная способность всех каналов ввода-вывода равна 4—5 Мбайтам/с.

Оборудование канала содержит специальное устройство для контроля работы

каналов ввода-вывода. Это является одной из особенностей ЭВМ ЕС-1055. Контрольное устройство каналов имитирует работу периферийного оборудования и интерфейсов связи, что, с одной стороны, облегчает наладку и проверку каналов ввода-вывода, а с другой — позволяет быстро и удобно локализовать возникшую неисправность.

Дополнительным устройством процессора ЕС-2655 служит матричный модуль, который не является функционально независимым устройством и может использоваться только в ЭВМ ЕС-1055. Это также является особенностью модели. В отличие от общепринятого способа подключения матричного процессора в качестве одного из каналов ввода-вывода (см. гл. 1) матричный модуль подключается непосредственно к процессору ЕС-2655 как один из исполнительных ресурсов. Конструктивно он выполнен таким образом, что может быть подключен к уже установленной машине.

Матричный модуль, является специализированным исполнительным устройством, предназначенным для быстрого выполнения таких операций с плавающей запятой, которые используются при матричных вычислениях и преобразованиях Фурье. При этом благодаря параллельному выполнению различных процессов достигается большая скорость вычислений, которая в зависимости от размера полей, плотности потока команд и примененного алгоритма может быть в 10—50 раз больше, чем при выполнении этих операций в арифметическом устройстве с плавающей запятой.

Подключение матричного модуля непосредственно к процессору открывает принципиальную возможность организации его работы параллельно с работой других исполнительных блоков процессора. Это значительно повышает скорость вычислений в процессоре. Однако конкретная реализация организации такой работы связана с доработкой операционной системы и со значительными трудностями управления вычислительным процессором. Подключение матричного процессора через стандартный интерфейс ввода-вывода не обеспечивает в полной мере совмещения его работы с работой арифметического устройства процессора, но зато позволяет использовать стандартные процедуры управления. Количественная оценка эффективности первого и второго способов подключения в настоящее время исследована не до конца и поэтому опыт эксплуатации ЭВМ ЕС-1055 будет полезен для решения этого вопроса и выбора направления развития специализированных процессоров.

Большое внимание в ЭВМ ЕС-1055 уделено развитию средств управления системой и улучшению удобства при диалоге оператора с ЭВМ. Для этих целей служит дисплейный пульт оператора ЕС-7069, который является конструктивно самостоятельным устройством. С его помощью осуществляется работа как по управлению системой, так и по ее обслуживанию. Он содержит все необходимые органы для управления, средства для технического обслуживания и индикации. В качестве устройства ввода-вывода используется дисплей с избирательным карандашом и с клавиатурой. На экране дисплея высвечивается 25 строк по 80 знаков. Клавиатура обеспечивает ввод необходимой информации и задание управляющей функции и содержит 26 алфавитных, 10 цифровых и 27 специальных символов. В одном из вариантов этой клавиатуры включено дополнительно 20 символов кириллицы. Большая скорость связи достигается благодаря подключению устройства последовательной печати для копирования информации, выводимой на дисплей. Устройство последовательной печати работает со скоростью 45 символов/с.

Пульт оператора ЕС-7069 подключается к процессору посредством стандартного и специального интерфейсов. Стандартный интерфейс ввода-вывода обеспечивает подключение устройства ЕС-7069 к любой модели ЕС ЭВМ-1 и ЕС ЭВМ-2 в качестве пульта оператора. Специальный интерфейс предназначен для использования только в ЭВМ ЕС-1055 для вывода индикации и проведения диагностических процедур. Центральный процессор допускает подключение двух устройств ЕС-7069. Второе

устройство поставляется по желанию пользователя. Пульт оператора ЕС-7069 имеет высокие эстетические и эксплуатационные характеристики, обеспечивающие высокий комфорт обслуживания ЭВМ.

Одной из особенностей периферийного оборудования ЭВМ ЕС-1055 является использование устройства вывода на микрофиши ЕС-7602. Скорость вывода равна 5 микрофишам/мин, что составляет примерно 250 тыс. символов/мин. Возможна надпись каждой микрофиши визуальным читаемым микрошрифтом. Работа этого устройства поддерживается операционной системой.

Еще одной особенностью ЭВМ ЕС-1055 является наличие средств эмуляции ДОС ЕС. Эти средства позволяют осуществить работу ДОС ЕС под управлением управляющей программы ОС ЕС. Иначе говоря, эти средства позволяют выполнять написанные для ДОС ЕС программы пользователей под управлением операционной системы ОС ЕС.

### **8.6. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1060**

Универсальная ЭВМ ЕС-1060 производительностью 1 млн. команд/с является одной из самых высокопроизводительных моделей в ЕС ЭВМ-2. Концепции, заложенные при проектировании ЭВМ ЕС-1060, предлагают ее использование в крупных вычислительных центрах и автоматизированных системах управления для решения широкого круга научно-технических, планово-экономических, информационных и специальных задач в режимах как местной, так и дистанционной обработки информации. Возможности многостороннего применения данной ЭВМ обеспечиваются универсальным набором команд; большим объемом оперативной и внешней памяти; высокоскоростными каналами ввода-вывода и широким набором периферийного оборудования. Наличие указанных средств, а также развитой системы прерываний, средств отсчета времени и средств защиты оперативной памяти позволяют эффективно использовать ЭВМ ЕС-1060 в мультипрограммном режиме, режиме разделения времени, а также диалоговом режиме.

ЭВМ ЕС-1060 имеет все возможности ЕС ЭВМ-1 и реализует все новые концепции, заложенные в логическую структуру ЕС ЭВМ-2:

- расширенный набор команд;
- расширенный режим управления в процессоре;
- динамическое преобразование адресов в процессоре;
- косвенную адресацию данных в каналах;
- блок-мультиплексный режим работы каналов;
- новые многопроцессорные средства;
- повышение точности операций с плавающей запятой;
- расширенную систему прерываний;
- новые средства отсчета времени;
- обеспечение мониторных программ;
- регистрацию программных событий;
- повышение эффективности средств контроля и диагностики.

Архитектурные и структурные особенности ЭВМ ЕС-1060 направлены на повышение производительности и надежности, повышение эффективности использования, а также создание простоты и удобства в обслуживании.

Процессор ЕС-2060 обеспечивает выборку данных из оперативной памяти, управление последовательностью выполнения команд, организацию прерываний, инициализацию работы каналов ввода-вывода и осуществление функций по контролю и диагностике. В состав процессора входят: устройство центрального управления; арифметическо-логическое устройство; устройство управления памятью; блок контроля и диагностики; пульт управления.

Устройство центрального управления предназначено для выборки, распаковки и

буферизации команд, управления работой арифметического устройства и выполнения системных функций. Данное устройство включает блоки команд, адресов данных, микропрограммного управления, прерываний, таймеров и блок внешних связей.

Арифметическо-логическое устройство используется для выполнения арифметических и логических операций и формирования адресов операндов. В его состав входят: регистры общего назначения, регистры с плавающей запятой, параллельный сумматор. Дополнительным средством является блок ускоренного умножения.

Устройство управления памятью предназначено для связи процессора и каналов ввода-вывода с оперативной памятью и включает в состав буферную оперативную память, средства динамического преобразования адресов, блок буфера каналов и адаптер памяти.

Блок контроля и диагностики обеспечивает управление системой индикации процессора, управление схемами аппаратного контроля и прерываниями по контролю, регистрацию состояния процессора, аппаратное повторение команд после обнаружения ошибки, выполнение функций команды ДИАГНОСТИКА, загрузку микропрограмм в управляющую память, выполнение микродиагностических тестов локализации неисправностей, управление системой синхронизации.

Пульт управления предназначен для ручного управления и индикации состояния ЭВМ при техническом обслуживании и эксплуатации.

Высокое быстродействие процессора достигается за счет организации быстрого доступа к данным, совмещения выполнения операций и применения эффективных алгоритмов вычислений.

Для согласования времени работы процессора и временных параметров основной оперативной памяти использована буферная оперативная память объемом 8 Кбайт, которая реализована на быстрых интегральных схемах. Обмен данными между основной оперативной памятью и буферной осуществляется 32-байтными блоками информации (страницами). Для ускорения обмена используется четырехкратное чередование адресов. Цикл работы буферной памяти, равный циклу работы процессора, обеспечивает быструю подготовку команд и операндов. Использование эффективного алгоритма замещения информации в буферной памяти в сочетании с применением буфера каналов позволяет снизить степень конфликтности в процессоре.

В арифметическом устройстве используются эффективные алгоритмы, которые позволяют сочетать высокий темп выполнения операций с разумными затратами оборудования. Применение специального блока ускоренного умножения дало возможность повысить скорость выполнения операций умножения в 2—2,5 раза.

Обработка команд в процессоре разбита на три этапа:

- выборка команд из буфера, распаковка и формирование адреса операнда;
- обращение в память и выборка данных;
- выполнение операции и запись результата.

В соответствии с этим в процессоре одновременно выполняется несколько команд, которые находятся на разных уровнях обработки. Работа уровней совмещения строго синхронизирована по времени, что упрощает организацию управления. Параллельно с обработкой команд осуществляются формирование адреса следующего участка программы и считывание команд из памяти в буферный регистр.

Кроме чисто логических возможностей ЭВМ, большое значение, имеют простота и удобство эксплуатации машины, быстрый поиск неисправностей. При разработке структуры проектировщик почти всегда решает компромиссную задачу — достижение высокой производительности при разумной сложности ЭВМ. В ЭВМ ЕС-1060 решение этих задач обусловлено:

- введением микропрограммного управления не только в арифметическом устройстве, но и в устройстве центрального управления;
- введением эффективной системы контроля и диагностики.

Обработка команд в процессоре, выполнение операций и обработка прерываний управляются микропрограммами. Управляющая память с возможностью перезаписи информации построена на интегральных схемах и состоит из двух блоков — основного и управляющего, выборка из которых проводится по независимым адресам. Объем основного блока памяти микропрограмм—4096 слов по 144 разряда, управляющего — 512 слов по 24 разряда.

Микропрограммы, записанные в управляющем блоке, определяют последовательность этапов обработки и тактов процессора при выполнении команд, а также степень совмещения этапов обработки. Они же прерывают последовательность вычислительного процесса при возникновении конфликтных ситуаций, вмешательства извне и запросах на прерывания.

Микропрограммы в основном блоке управляющей памяти определяют конкретные действия, необходимые в процессе подготовки команд, выполнения операций и прерываний.

В процессоре ЕС-2060 все блоки центрального управления и арифметического устройства работают под микропрограммным управлением. Блок системных средств управления, а также блок контроля и диагностики имеют смешанное аппаратно-микропрограммное управление. Такое широкое внедрение принципа микропрограммного управления является особенностью и одновременно достоинством ЭВМ ЕС-1060, поскольку до недавнего времени этот принцип для высокопроизводительных машин широко не применялся.

Высокие требования к эксплуатационной надежности в ЭВМ ЕС-1060 обеспечиваются развитой системой контроля и диагностики, которая включает аппаратные и программные средства, взаимодействующие как в основном рабочем режиме, так и в режиме технического обслуживания.

Аппаратные средства осуществляют оперативный контроль обрабатываемой информации, ликвидацию последствий сбоев путем повторения до восьми раз команд и участков программ в процессоре, повторение процедур ввода-вывода в каналах, а также исправление одиночных ошибок в оперативной памяти. Для анализа причин сбоя средства процессора позволяют зафиксировать в основной памяти состояние оборудования в момент возникновения ошибки.

В режимах профилактики и технического обслуживания возможно диагностирование оборудования с помощью специальных аппаратных средств, комплекса тестовых программ и путем выполнения микродиагностических процедур поиска неисправностей. Неавтономные тесты проверки внешних устройств в процессе выполнения задач пользователя позволяют постоянно следить за состоянием внешних устройств и, в случае необходимости, принять решение об использовании их в системе. Перечисленные возможности в совокупности со средствами восстановления операционной системы создают предпосылки для эффективной работы ЭВМ ЕС-1060 у пользователя. Этому же способствует и система программного обеспечения, включающая операционную систему ОС ЕС последней версии, пакеты прикладных программ, расширяющие возможности операционной системы, и пакеты прикладных программ различного назначения.

Системные средства ЭВМ ЕС-1060 позволяют объединить ресурсы нескольких ЭВМ для выполнения общей задачи, обеспечивая при этом высокую производительность и надежность. Связь между отдельными ЭВМ может быть осуществлена на уровне любой из компонент системы с помощью определенных многопроцессорных средств:

- на уровне каналов с помощью адаптера канал — канал;
- на уровне устройств управления периферийным оборудованием с помощью двухканального переключателя;
- на уровне основной оперативной памяти;
- на уровне процессора с использованием средств прямого управления.



Средства, обеспечивающие эффективность системного применения ЭВМ, позволяют создавать на основе ЭВМ ЕС-1060 мощные системы и многомашинные вычислительные комплексы.

Каналы ввода-вывода ЭВМ ЕС-1060 являются физически независимыми автономными устройствами, которые подключаются к процессору и пользуются одновременным доступом к основной памяти. Скорость передачи информации в значительной степени зависит от числа и типа используемых каналов. К процессору ЭВМ ЕС-1060 может быть подключено до семи каналов ввода-вывода, обеспечивающих байт-мультиплексный, блок-мультиплексный и селекторный режимы работы. Блок-мультиплексные каналы реализованы с двухбайтовым интерфейсом, который позволяет подключить устройства, отличающиеся высокой скоростью передачи информации.

Для работы ЭВМ в режиме виртуальной памяти в канал введены средства косвенной адресации в дополнение к средствам преобразования адресов в процессоре. Предусмотрена также возможность аппаратного повторения команд в канале. Наличие в канале средств регистрации состояния канала позволяет программными методами восстановить работу системы при возникновении ошибок в процедуре ввода-вывода.

Конструктивно каналы ЭВМ ЕС-1060 выполнены в виде устройства ЕС-4001, в состав которого входят четыре функциональных канала — один байт-мультиплексный и три блок-мультиплексных. Блок-мультиплексный канал может работать в режиме селекторного канала. Управление работой блок-мультиплексных каналов осуществляется аппаратными средствами, для байт-мультиплексного канала используется принцип микропрограммного управления.

Байт-мультиплексный канал составляют главный мультиплексный канал и четыре селекторных подканала. Пропускная способность селекторного подканала — 500 Кбайт/с. Интегральная пропускная способность байт-мультиплексного канала — 1,5 Мбайт/с. Блок-мультиплексный канал имеет пропускную способность, равную 1,5 Мбайтам/с для однобайтового интерфейса и для двухбайтового интерфейса — 3 Мбайтам/с.

Основная оперативная память ЭВМ ЕС-1060 выпускается в двух вариантах: на ферритовых сердечниках и интегральных схемах. Оперативная память, построенная на ферритовых сердечниках, имеет объем от 2 до 8 Мбайт, цикл обращения — 1,25 мкс и время выборки — 0,8 мкс. Для ускорения обращения к оперативной памяти все ее поле разбито на четыре независимых логических блока. Устройство оперативной памяти ЕС-3206 построено по модульному принципу и содержит в одной стойке объем памяти, равный 1 Мегабайту. В этой же стойке расположено и электропитание. Структурные, схемные и конструктивные решения устройства ЕС-3206 позволили существенно сократить объем и повысить плотность компоновки оборудования по сравнению с устройством оперативной памяти ЭВМ ЕС-1050, в котором использованы те же самые ферритовые сердечники.

Устройство полупроводниковой оперативной памяти ЕС-3266 для ЭВМ ЕС-1060 на динамических интегральных схемах 16 Кбит в корпусе имеет точно такой же интерфейс связи с процессором и ту же самую организацию, как и устройство ЕС-3206. Объем устройства ЕС-3266 равен 8 Мбайтам, время цикла — 680 нс, время выборки — 520 нс.

### **8.7. ЭЛЕКТРОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАШИНА ЕС-1065**

ЭВМ ЕС-1065 производительностью 4—5 млн. команд/с является старшей моделью ЕС ЭВМ-2. Она предназначена для применения в крупных вычислительных центрах и мощных системах обработки данных. Данная ЭВМ реализует все режимы обработки данных и использует все архитектурные и логические возможности, предусмотренные в ЕС ЭВМ-2. Основное качество ЭВМ — высокая производительность —

предопределяет особенности ее применения и особенности структурной реализации.

Модель ЕС-1065 прежде всего является ЭВМ общего назначения. В этом плане она должна иметь свойства универсальности и обеспечивать возможность реализации самых различных классов алгоритмов задач пользователей. В то же время она должна обладать свойствами специального системного применения. В этом плане ЭВМ должна иметь характерные черты открытой системы, позволяющие включать в ее состав новые проблемно-ориентированные устройства. Учитывая это, можно сформулировать основные свойства архитектуры ЭВМ ЕС-1065.

1. Структурные решения направлены на достижение максимальной скорости выполнения одного произвольного потока команд, обрабатывающих любые данные.

2. Структура ЭВМ предусматривает возможность введения в ее состав специальных процессоров с целью повышения скорости обработки в системах, используемых для решения ограниченного набора задач. Назначением таких процессоров является увеличение по крайней мере на порядок скорости выполнения отдельных функций, наиболее часто встречающихся в вычислительном процессе у конкретного пользователя.

3. Для общего увеличения вычислительной мощности системы в ЭВМ имеются развитые средства комплексирования, которые позволяют создавать многопроцессорные и многомашинные комплексы.

В ЭВМ ЕС-1065 выбрана такая структура процессора, которую можно охарактеризовать как структуру с общими ресурсами. Это предполагает наличие нескольких устройств, подготавливающих команды к выполнению, а выполнение этих команд осуществляется в одном операционном устройстве. Тем не менее даже при такой структуре предполагается принятие специальных организационных мер по сокращению времени обработки на всех этапах подготовки и выполнения команд.

Для сокращения этапа выборки и записи данных в процессоре ЭВМ ЕС-1065 используется буферная оперативная память объемом 32 Кбайт, работающая со скоростью выполнения операций в исполнительных блоках. Блок информации обмена между основной оперативной памятью и буферной составляет 32 байта. Дополнительный выигрыш в скорости работы на этапе обращения к памяти получен за счет того, что результаты операций записываются только в буферную память без немедленного дублирования их в основной памяти. Запись этих результатов в основную память происходит в определенный момент времени по стандартной дисциплине вытеснения из буферной памяти наиболее долго неиспользуемой информации.

Сокращение времени выполнения операций в арифметическо-логическом устройстве, которое является общим ресурсом в процессоре ЭВМ ЕС-1065, достигается как в результате реализации наиболее быстрых алгоритмов выполнения операций, так и в результате разделения этого устройства на несколько независимо работающих блоков (операционных устройств) обработки информации. Каждый из этих блоков ориентирован на выполнение одной группы близких по характеру команд. Это упрощает структуру операционного устройства и сокращает затраты на реализацию каждого из таких блоков, позволяет уменьшить время выполнения операций по сравнению с одним универсальным блоком, хотя суммарные затраты оборудования возрастают.

В структуре процессора ЭВМ ЕС-1065 предусмотрены четыре независимых блока выполнения операций: арифметический с фиксированной запятой, арифметический с плавающей запятой, арифметический для обработки полей переменной длины и десятичных чисел и, наконец, блок ускоренного умножения (деления). Обращение к этим блокам независимое и каждый из них может работать параллельно с остальными. Кроме того, имеются возможности наращивания суммарной мощности арифметического устройства путем подключения как аналогичных блоков, так и проблемно-ориентированных устройств обработки информации.

Суммарная пропускная способность всех операционных устройств составляет несколько десятков миллионов операций в секунду и значительно выше пропускной способности устройства управления памятью и центрального устройства управления (процессора команд). В этом случае представляется целесообразным включение в структуру процессора нескольких процессоров команд и разделение буферной памяти на независимые секции с собственным управлением и доступом к основной памяти, т. е. иметь несколько устройств управления памятью. Процессор ЭВМ ЕС-1065 включает два устройства управления памятью, каждый с буфером объемом 32 Кбайт и два процессора команд. Каждый процессор команд ведет свой поток команд с тем, чтобы совместно обеспечить необходимую загрузку арифметического устройства.

Структура с общими ресурсами, которая с точки зрения операционной системы представляется как многопроцессорная, работающая на общем поле оперативной памяти, имеет ряд достоинств. Это прежде всего эффективное повышение производительности и обеспечение живучести системы. ЭВМ продолжает функционировать, хотя и с меньшей производительностью, при выходе из строя отдельных устройств. При включении в состав ЭВМ второго арифметического устройства, который также будет являться общим ресурсом, надежность такой вычислительной системы многократно увеличивается. Кроме того, введение в состав процессора нескольких процессоров команд упрощает организацию структуры каждого из них. При этом удается избежать организации большого количества уровней совмещения и реализовать микропрограммный принцип управления.

В ЭВМ с общими ресурсами проблемно-ориентированные процессоры, повышающие общую производительность машины, могут быть подсоединены ко всем процессорам команд на правах общего ресурса. Для этого необходимо, чтобы они имели интерфейс сопряжения с процессором команд, аналогичный операционным устройствам. Для процессора команд такое подключение новых устройств сводится к реализации дополнительных кодов команд, соответствующих функциям вводимого оборудования, что достаточно несложно при наличии микропрограммного управления. Гораздо сложнее вопрос о программном обеспечении этих устройств, который приходится решать отдельно в каждом конкретном случае.

Высокие скоростные качества процессора ЭВМ ЕС-1065 поддерживаются мощной системой ввода-вывода, оперативной памятью» большого объема и средствами обслуживания.

Наряду с традиционными структурными решениями, когда каналы жестко закреплены за процессором, в ЭВМ ЕС-1065 использован принцип плавающих каналов (каналы перекрестного вызова), доступных каждому процессору. Кроме того, реализован принцип универсального канала (мультиплексор ввода-вывода), когда выполнение функций байт-мультиплексного или блок-мультиплексного режимов обеспечено применением микропрограммного управления. Оперативная настройка каналов на требуемый режим осуществляется путем перезагрузки памяти микропрограмм. В каналах ЭВМ ЕС-1065 выполняются все новые функции ЕС ЭВМ-2: косвенная адресация данных, повторение операций ввода-вывода, двухбайтовый интерфейс.

К ЭВМ ЕС-1065 подключается до 16 каналов, которые суммарно обеспечивают пропускную способность ввода-вывода около 30 Мбайт/с. Основная оперативная память данной ЭВМ выполнена на микросхемах 16 Кбит. Структура памяти обеспечивает восьмикратное чередование адресов. Объем памяти — 8 Мбайт, время цикла — 870 нс, время выборки — 650 нс.

В ЭВМ ЕС-1065 использован спецпроцессор диагностики и управления, расположенный в пульте управления системой. В его функции входят как проведение диагностических процедур, так и поддержание непосредственной связи со всеми центральными устройствами процессора.

ЭВМ ЕС-1065 имеет развитую систему обнаружения ошибок, средства

восстановления, исключая воздействие случайных сбоев путем автоматического повторения операций, а также средства исправления ошибок с применением корректирующих кодов. Система микродиагностик позволяет обнаруживать неисправности в режимах профилактики и технического обслуживания. Особенности структуры ЭВМ определяют специфические функции пультового процессора: отслеживание режимов функционирования отдельных устройств, сбор и анализ информации об отказах, отключение неисправных устройств и их диагностику, принятие решения о реконфигурации системы. Для этих целей он имеет большую внутреннюю память и необходимый набор собственных внешних устройств.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Создание ЕС ЭВМ позволило в значительной мере решить вопросы оснащения народного хозяйства стран социалистического содружества средствами вычислительной техники. В настоящее время ЕС ЭВМ представляет собой мощную развитую систему ЭВМ социалистических стран, освоенную в производстве и нашедшую широкое применение в различных отраслях хозяйства. С разработкой ЕС ЭВМ-1 и ЕС ЭВМ-2 работы по ЕС ЭВМ не закончены. Основными направлениями дальнейшего развития ЕС являются:

- повышение эффективности (соотношения производительность/ стоимость) ЭВМ по отношению к ЕС ЭВМ-2;

- улучшение технических параметров и эксплуатационных характеристик;

- повышение эффективности внедрения в различные области народного хозяйства путем функциональной специализаций технических средств, использования программируемых технических средств, встроенных аппаратных средств управления, сетевой организации обработки данных;

- дальнейшее увеличение эффективности постановки и решения задач, в том числе решение проблемы использования общей информационной базы и дальнейшее внедрение проблемно-ориентированных языковых средств;

- снижение затрат на обслуживание технических и программных средств благодаря обеспечению высокой надежности, улучшению методов диагностики и эффективного резервирования. Определяющей особенностью указанного развития является переход на новую конструктивно-технологическую базу с использованием БИС, что предопределяет создание ЭВМ четвертого поколения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вычислительная система IBM/360. Принципы работы/Под ред. В. С. Штаркмана. М., Советское радио, 1969.
2. Горбацевич С. Л., Макурочкин В. Г., Черемисинов В. М. Развитие основных устройств внешней памяти ЕС ЭВМ. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1979, вып. 6.
3. Джермейн К. Программирование на IBM/360. М., Мир, 1973.
4. Единая система ЭВМ/Под общ. ред. А. М. Ларионова. М., Статистика, 1975.
5. Жимерин Д. Г. Применение электронной вычислительной техники в социалистических странах. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1979, вып. 5.
6. Катцан Г. Операционные системы. М., Мир, 1976.
7. Катцан Г. Вычислительные машины 370/Под ред. В. К. Левина и Л. Д. Райкова. М., Мир, 1974.
8. Колин А. Введение в операционные системы/Под ред. В. В. Мартынюка. М., Мир, 1975.
9. Лапин В. С. Развитие сотрудничества в области телеобработки данных. Новые задачи. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1978, вып. 4.
10. Лапин В. С., Семенихин В. С. Концепции и перспективы развития телеобработки данных в ЭС ЭВМ. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1977, вып. 1.
11. Ларионов А. М., Левин В. К. и др. Основные принципы построения и технико-экономические характеристики Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ). — Управляющие системы и машины, 1973, № 2(4).
12. Ларионов А. М., Левин В. К., Пржиялковский В. В., Фатеев А. Е. Технические и эксплуатационные характеристики моделей ЭВМ Единой системы. — Управляющие системы и машины, 1973, № 2 (4).
13. Мультипроцессорные системы и параллельные вычисления/Под ред. Ф. Г. Энслоу. М., Мир, 1976.
14. Пеледов Г. В., Райков Л. Д. Введение в ОС ЕС ЭВМ. М., Статистика, 1977.
15. Принципы работы системы IBM/370/Под ред. Л. Д. Райкова. М., Мир, 1975.
16. Пржиялковский В. В., Лапин В. С. Архитектура открытых систем сетевой телеобработки данных ЕС ЭВМ. — Автоматика и вычислительная техника. Рига, 1979, № 2.
17. Пржиялковский В. В. Некоторые итоги создания ЕС ЭВМ и перспективы ее дальнейшего развития. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1979, вып. 6.
18. Пыхтин А. Я., Горелов В. И. и др. Комплексы ЕС-7920 — новые терминалы с широкими возможностями. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1978, вып. 4.
19. Раковский М. Е. Десятилетие сотрудничества. — В кн.: Вычислительная техника социалистических стран. М., Статистика, 1979, вып. 6.
20. Фатеев А. Е., Ройтман А. И., Фатеева Т. П. Прикладные программы в системе математического обеспечения ЕС ЭВМ. М., Статистика, 1978.
21. Электронная вычислительная машина ЭВМ ЕС-1050/Под общ. ред. А. М. Ларионова. М., Статистика, 1976.