

БА 183846

СПЕЦИАЛЬНОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ "АЛГОРИТМ"

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА И УПРАВ-  
ЛЕНИЯ ДАННЫМИ. ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ  
СРЕДСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО КАНАЛА ЕС-4001

(Учебно-методическая разработка)

Ба 183846

СПЕЦИАЛЬНОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ "АЛГОРИТМ"

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА И УПРАВ-  
ЛЕНИЯ ДАННЫМИ. ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ  
СРЕДСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО КАНАЛА ЕС-4001

(Учебно-методическая разработка)

Мин. науки  
1984

1981

11.03.2010

Демонстрационная  
библиотека  
БССР  
Вос. З. А. Демид

Специальное научно-производственное объединение

"Алгоритм"

Минский научно-учебный центр

О Т Ч Е Т

по теме: "Разработка единой системы подготовки специалистов и перспективных методов совершенствования учебного процесса в области эксплуатации и использования средств ЕС ЭВМ и комплексов АРМ"

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА И УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ. ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО КАНАЛА ЕС-4001

(Промежуточный отчет, II этап)

Шифр "Диалог" -

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ.....                  | 6  |
| 1. ВВЕДЕНИЕ .....  | 7  |
| 2. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА.....                         | 8  |
| 2.1. Назначение системы ввода-вывода.....                        | 8  |
| 2.2. Требования к системе ввода-вывода.....                      | 10 |
| 2.3. Способы совмещения вычислений и операций ввода-вывода ..... | 11 |
| 2.4. Структура системы ввода-вывода.....                         | 12 |
| 2.5. Распределение функций в системе ввода-вывода.....           | 21 |
| 3. ЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КАНАЛА.....                            | 27 |
| 3.1. Унифицированный способ управления вводом-выводом.....       | 27 |
| 4. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММ КАНАЛА.....                               | 28 |
| 4.1. Команды канала.....   | 28 |
| 4.2. Код команды канала.....                                     | 30 |
| 4.3. Образование программ канала.....                            | 30 |
| 4.4. Защита памяти.....  | 34 |
| 4.5. Условные переходы.....                                      | 35 |
| 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ВВОДА-ВЫВОДА.....             | 38 |
| 5.1. Управляющее слово канала.....                               | 39 |
| 5.2. Адресное слово канала.....                                  | 41 |
| 5.3. Команды ввода-вывода.....                                   | 42 |
| 5.4. Слово состояния канала.....                                 | 47 |
| 6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЦП И КАНАЛАМИ.....                       | 50 |
| 6.1. Запуск операций ввода-вывода.....                           | 50 |
| 6.2. Прерывание от ввода-вывода.....                             | 54 |
| 6.3. Обработка прерываний от ввода-вывода.....                   | 56 |
| 7. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ВВОДА-ВЫВОДА.....                        | 58 |
| 7.1. Физический уровень программирования ввода-вывода.....       | 60 |
| 7.2. Логический уровень программирования ввода-вывода.....       | 62 |
| 8. ФИЗИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КАНАЛА.....                            | 73 |
| 8.1. Канал мультиплексный универсальный.....                     | 73 |
| 8.2. Назначение и режимы работы БТМК.....                        | 74 |
| 8.3. Взаимодействие блоков БТМК.....                             | 77 |

|   |     |
|---|-----|
| 8.4. Назначение и режимы работы БЛМК.....                     | 86  |
| 8.5. Взаимодействие блоков БЛМК.....                          | 88  |
| 9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 95  |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Вопросы для самопроверки.....                   | 97  |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Усовершенствованный интерфейс ввода-вывода..... | 102 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Связь процессора с устройством ЕС-4001.....     | 117 |

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И  
СОКРАЩЕНИЙ

В настоящем учебном пособии приняты следующие сокращения:

|          |  |
|----------|--|
| АСД      | - адресное слово данных                              |
| АСК      | - адресное слово канала                              |
| БЛМК     | - блок-мультиплексный канал                          |
| БТМК     | - байт-мультиплексный канал                          |
| БОМ      | - блок обменной магистрали                           |
| ЕС ЭВМ   | - единая серия ЭВМ                                   |
| КАД      | - косвенная адресация данных                         |
| КД       | - канал доступен                                     |
| КРК      | - конец работы канала                                |
| КРУ      | - конец работы устройства                            |
| СПК      | - селекторный подканал                               |
| ССП      | - слово состояния программ                           |
| ССК      | - слово состояния канала                             |
| СУД      | - система управления данными                         |
| НМД      | - накопитель на магнитных дисках                     |
| НМЛ      | - накопитель на магнитной ленте                      |
| НВВ      | - НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД                                  |
| НВВВО    | - НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ            |
| МПК      | - мультиплексный подканал                            |
| ОП       | - основная память                                    |
| ПУП      | - программно-управляемое прерывание                  |
| ПВК      | - ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ                                   |
| УВВ      | - устройства ввода-вывода                            |
| УСК      | - управляющее слово канала                           |
| ЦК       | - цепочка команд                                     |
| ЦД       | - цепочка данных                                     |
| ЭВМ      | - электронно-вычислительная машина                   |
| XX/16 СС | - адрес памяти в шестнадцатиричной системе счисления |

Г. ВВЕДЕНИЕ

Одной из узловых проблем, определяющих пути развития вычислительных систем, является противоречие между потенциально достижимой скоростью обработки данных в центральном процессоре и скоростью обмена информацией между центральным процессором и внешней средой. Единственная возможность разрешения указанного противоречия состоит в организации коллективного пользования центральным процессором, которая находит свое наиболее яркое отражение в современных системах разделения времени. Эта организация требует резкого увеличения объема периферийного оборудования и, что самое главное, специальных мощных средств организации потоков информации и информационных массивов. Задача организации информационных потоков и массивов решается как программным путем, так и техническими средствами. Так, в самих ЭВМ внедряются принципы микропрограммного управления. Высокую степень параллелизма в работе центрального процессора и ввода-вывода можно обеспечить, используя канал в качестве средства управления вводом-выводом. Появление канала можно считать одним из важнейших шагов в процессе совершенствования современных вычислительных систем.

Предлагаемая учебно-методическая разработка систематизирует сведения по особенностям построения, основам выполнения операций и функционирования системы обмена информацией в ЭВМ ЕС-1060. Основное внимание здесь уделяется универсальному мультиплексному каналу ввода-вывода ЕС-4001. Средства программного обеспечения представляют самостоятельный предмет и рассматриваются только в той мере, в какой это необходимо для пояснения основного материала. Полные сведения по рассматриваемым вопросам содержатся в соответствующей эксплуатационной документации ЭВМ ЕС-1060.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВВОДА-ВЫВОДА

### 2.1. Назначение системы ввода-вывода

2.1.1. Системой ввода-вывода называется совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих обмен данными между основной памятью вычислительной системы и устройствами ввода-вывода.

Для управления вводом-выводом используются как аппаратные, так и программные средства. Аппаратные средства вычислительной системы состоят из взаимодействующих программно-управляемых устройств, каждое из которых характеризуется системой команд и набором состояний, влияющих на алгоритмы выполнения команд. К аппаратным средствам относятся соответствующее оборудование ЭВМ, в частности устройства ввода-вывода (УВВ), устройства управления УВВ, каналы ввода-вывода и другая аппаратура. Устройства могут взаимодействовать между собой по разнообразным алгоритмам, однако во всех этих алгоритмах можно выделить фазы установления связи, обмена информацией и выхода из связи. Взаимодействие может инициироваться либо специальной командой, либо аппаратно-сигналом, сообщаемым о наступлении некоторого события (например, окончание операции ввода или вывода, переход некоторого устройства в состояние готовности к работе и т.д.)

Программные средства включают набор служебных программ, реализующих стандартные процедуры, связанные с управлением вводом-выводом. Эти служебные программы (программы управления данными) входят в состав операционных систем, осуществляющих управление вычислительным процессом.

Непосредственное управление вводом-выводом, т.е. формирование управляющей информации, инициирование действия устройств и обработка результатов, относятся к функциям управляющей программы, называемой супервизором ввода-вывода. В этом смысле управляющая программа является продолжением функций аппаратуры.

2.1.2. Операции ввода-вывода в ЕС ЭВМ осуществляют каналы, устройства управления и устройства ввода-вывода, работающие под управлением программы-супервизора, выполняемой центральным процессором. С точки зрения логической организации канал представляет собой независимое устройство, выполняющее программу, состоящую из команд канала. Процессор, выполняя текущую программу и встретив команду, указывающую на необходимость обмена информацией, начинает операцию в канале путем указания начала программы канала и адреса устройства ввода-вывода, управляемого в этой операции. Далее программа канала выполняется каналом ввода-вывода независимо от центрального процессора, который может перейти к выполнению своей программы (выбирает следующую команду

текущей программы). Команды канала определяют направление передачи данных, область основной памяти, а также все вспомогательные действия, связанные с передачей данных. Канал управляет всеми действиями по обмену информацией между основной памятью и указанным устройством ввода-вывода.

Управляющая информация, получаемая каналом от программы канала, преобразуется каналом в последовательность сигналов, поступающих к устройству управления, которое вместе с УВВ начинают выполнять чтение (ввод) или запись (вывод) информации. Когда устройство управления устройством ввода-вывода сигнализирует каналу, что операция закончена, канал вызывает прерывание программы в процессоре, сообщая этим, что операция ввода-вывода выполнена. Описываемая логическая структура не зависит от особенностей физической реализации канала. В составе каналов ЭВМ ЕС-1060 имеется необходимое отдельное автономное оборудование, позволяющее им эффективно управлять обменом информацией между основной памятью и устройствами ввода-вывода.

2.1.3. Такая схема реализации операций ввода-вывода требует создания в условиях мульти-программирования специальной программной системы организации доступа к данным из прикладных программ через необходимые ресурсы для осуществления ввода или вывода информации. Такая схема организации доступа к данным положена в основу системы управления данными (СУД), которая входит в состав любой операционной системы ЕС ЭВМ. По своей структуре, организационным принципам программное обеспечение, организующее управление вводом-выводом, представляет практически самостоятельную операционную систему (ОС), в которой есть упорядоченность управляющих и обслуживающих программ, стандартные программы, вводимые в действие специальными системными командами, различные управляющие таблицы и списки и т.д.

В операционных системах ЕС ЭВМ - Дисковой Операционной системе (ДОС ЕС) и Операционной системе (ОС ЕС) - программы управления данными играют исключительно важную роль и в значительной степени определяют эффективность вычислительной системы в целом. Это объясняется рядом причин, и в частности тем, что во многих областях применения ЕС ЭВМ необходимо обрабатывать большие массивы информации, хранящиеся на внешних носителях. При программировании таких задач основные технические трудности связаны с рациональной организацией данных, размещаемых на внешних носителях, обеспечением малого времени доступа к требуемой информации и удобством ее корректировки, защитой информации от неконкретного использования и обеспечением ее сохранности. Средства управления данными операционных систем ЕС ЭВМ

обеспечивают решение перечисленных выше проблем и предоставляют специалистам мощный и развитый аппарат для построения эффективно работающих систем обработки данных.

## 2.2. Требования к системе ввода-вывода

2.2.1. Организация ввода-вывода современной вычислительной системы обеспечивает максимально эффективное использование основной памяти в центральном процессоре в ходе выполнения каждой отдельной операции ввода-вывода, реализуемой одним из многочисленных устройств ввода-вывода. Трудность осуществления такой организации связана со значительными различиями в скоростях передачи данных (пропускной способности) основной памяти и устройств ввода-вывода.

Высокопроизводительная модель системы ЭВМ ЕС-1060 имеет в своем составе основную память, скорость которой составляет 2 млн. слов по 64 бит в секунду, а максимальная скорость ввода-вывода данных в ЭВМ составляет 1,5 млн. 8-битовых байтов в секунду. При этом обычно скорости устройств ввода-вывода 800 000, 300 000 и меньше байтов в секунду (к этой категории относятся магнитные диски и магнитные ленты). Такое различие в скоростях передачи данных может приводить к простоям оборудования процессора во время вспомогательных операций ввода-вывода.

2.2.2. Поэтому в основу организации системы ввода-вывода ЕС ЭВМ положены два требования:

1) система ввода-вывода должна обеспечивать возможность выполнения операций ввода-вывода одновременно с обработкой задачи в центральном процессоре, причем для обеспечения эффективного использования оборудования уменьшение скорости обработки данных в ЦП, вследствие выполнения операций ввода-вывода, должно быть минимальным.

2) она должна одновременно выполнять несколько операций ввода-вывода.

Второе требование выдвигается в связи с тем, что скорость передачи данных в большинстве устройств ввода-вывода гораздо ниже скорости обработки в ЦП. Поэтому для эффективного использования системы необходимо реализовать параллельное выполнение нескольких операций ввода-вывода. Выполнение этого требования обеспечивается двумя путями:

- в использовании нескольких каналов;
- образование в одном канале нескольких подканалов и деление (мультиплексирование) оборудования канала между несколькими операция-

ми ввода-вывода. Таким образом, в системе выполнение операций ввода-вывода логически отделено от процессорной обработки данных. В результате стала возможной организация ввода-вывода, позволяющая выполнять одновременно с процессом обработки несколько процедур ввода-вывода.

Под параллельной работой устройств ввода-вывода имеется в виду как одновременная работа нескольких таких устройств, так и совмещение их работы с выполнением текущей программы ЭВМ.

Возможность параллельной работы создается благодаря тому, что цикл работы устройств ввода-вывода обычно значительно более продолжителен, чем время передачи подготовленной информации устройством ввода-вывода в ЭВМ или из ЭВМ.

В основу организации системы ввода-вывода ЕС ЭВМ положено также требование возможности изменения конфигурации вычислительной системы.

Это требование состоит в том, что организация системы ввода-вывода должна допускать комплектацию любой модели ЕС ЭВМ любыми УВВ из номенклатуры ЕС ЭВМ. Для выполнения этого требования система ввода-вывода должна быть построена таким образом, чтобы подсоединение к ЭВМ производилось без какой-либо переделки физической структуры ЭВМ, системы ее команд и принципов работы.

2.2.3. Система ввода-вывода ЭВМ ЕС-1060 разработана с учетом основных принципов организации ввода-вывода в ЕС ЭВМ:

логической автономности системы, обеспечивающей многоуровневое совмещение операций ввода-вывода и операций процессора;

единого способа управления вводом-выводом, обеспечиваемого разделением процесса управления вводом-выводом на два уровня - устройства управления УВВ и каналы ввода-вывода, связи между которыми осуществляются через стандартный для ЕС ЭВМ интерфейс ввода-вывода;

повышение эффективности работы системы ввода-вывода за счет повышения пропускной способности каналов и УВВ и совершенствования принципов их работы;

изменения в широких пределах количества и состава УВВ в ЭВМ; простого программирования операций ввода-вывода.

## 2.3. Способы совмещения вычислений и операций ввода-вывода

2.3.1. Основная задача организации управления вводом-выводом состоит в сопряжении основной памяти и УВВ. В ЭВМ ЕС-1060 осуществлено много различных схем организации управления. Основное различие между ними заключается в способе совмещения работы ЦП и УВВ, а также

в степени этого совмещения. Совмещение работы УП и УВВ имеет особое важное значение, так как оно в большей мере влияет на степень использования ресурсов вычислительной системы. Некоторая степень совмещения работы УП и УВВ обеспечивается путем использования для буферизации данных при вводе-выводе специального регистра-буфера, так и процессор может выполнять другие команды своей текущей программы (время заполнения буфера). Обмен данными между основной памятью и устройствами ввода-вывода производится байтами через этот специальный регистр-буфер, находящийся в канале. Необходимость буферизации данных объясняется несколькими причинами:

очень большим различием в скоростях передачи данных между основной памятью и различными устройствами ввода-вывода;

разницей в количестве данных, воспринимаемых в единицу времени основной памятью (ОП) (для ЭВМ ЕС-1060 8 байтов) и устройством (обычно 1 байт);

возможностью одновременного обращения к ОП нескольких УВВ и процессора.

**2.3.2. Использование для буферизации данных одного регистра ввода-вывода не всегда эффективно, так как при этом получается довольно короткое время ожидания передачи данных. В связи с этим в ЭВМ ЕС-1060 вместо одного регистра используется группа регистров или буфер данных. Во время операции считывания байты данных поступают в ЭВМ и накапливаются в буфере данных. После того, как буфер будет заполнен, данные пересылаются из него в память за один цикл обращения. При выполнении операции записи информации на носитель ЭВМ извлекает из основной памяти за один цикл обращения сразу несколько байтов данных, помещает их в буфер данных, а затем поочередно передает в УВВ по мере поступления запросов из устройства ввода-вывода. Использование буфера данных в ЭВМ позволяет сократить в несколько раз число обращений к основной памяти со стороны УВВ.**

**2.3.3. Все устройства могут одновременно передавать данные. При этом может возникнуть ситуация, когда несколько устройств в один и тот же момент хотят обратиться к основной памяти. Устройство и процессору также требуются обращения к основной памяти и, может быть, в один и тот же момент времени. Поэтому в вычислительной системе предусмотрены меры разрешения таких конфликтных ситуаций.**

Обычно устройствам присваиваются определенные приоритеты, и когда запросы от них поступают одновременно, они обслуживаются блоком управления памятью именно в той последовательности, которая соответствует этим приоритетам. Центральному процессору присваивается самый

низкий приоритет, и поэтому процесс обслуживания устройств может рассматриваться как занятие устройствами ввода-вывода циклов памяти у процессора с помощью приостановки операций процессора. Наиболее распространенным способом совмещения вычислений и операций ввода-вывода является способ приостановки операций, который осуществляется следующим образом. Во время обычной работы машины все циклы обращения к основной памяти используются для выполнения программы процессора. Когда данные ввода-вывода подготовлены для передачи, из последовательных циклов обращения к основной памяти, используемых для выполнения программы процессора, занимается один цикл. Этот цикл используется для передачи данных из устройства в основную память или наоборот, а выполнение программы процессора на это время задерживается. По окончании этого цикла процессор продолжает выполнение операции с того момента, где она была приостановлена. Метод занятия цикла позволяет добиться эффективного быстрого действия. Простой процессора при его использовании сведены к минимуму и возникают только на короткие интервалы времени, в течение которых данные ввода-вывода записываются в память или считываются из нее. Для буферизации необходимо иметь только один регистр на одно слово памяти, а для буферизации блока данных используются относительно недорогие ячейки основной памяти. Но наиболее важным достоинством этого метода является то, что он обеспечивает буферирование одновременно для многих УВВ, т.е. при организации совмещенной работы нескольких УВВ, для каждого УВВ не требуется отдельный буфер. Следует отметить, что эффективное быстрое действие центрального процессора все же будет ниже потенциально возможного из-за обращений к памяти, необходимых для обслуживания ввода-вывода.

Приостановка процессора существенно отличается от прерывания. Если во время прерывания процессор переходит к выполнению другой программы - программы обработки прерывания, то приостановка только задерживает выполнение основной программы процессора на время, равное примерно одному циклу обращения к памяти. Приостановка допускается между микропрограммами процессора, а прерывание - лишь при завершении очередной команды (инструкции).

При достаточно большом количестве устройств ввода-вывода влияние выполнения операции ввода-вывода на процессорную обработку задачи становится весьма значительным. Это выражается в уменьшении эффективной скорости счета из-за увеличения частоты прерывания про-



цессора. Поэтому, для уменьшения этих эффектов, зачастую нежелательных, способ прерывания текущей программы модифицирует главным образом за счет введения дополнительных аппаратных средств: буферов данных, каналов ввода-вывода.

2.3.4. С целью достижения еще более высокой степени совмещения работы ЦП и УВВ применен канал ввода-вывода. Канал обеспечивает не только независимый доступ к памяти, но и автономное управление операциями ввода-вывода. Канал представляет собой специализированный процессор, созданный для выполнения операций ввода-вывода. Так же как и ЦП, канал выполняет команды, называемые командами канала. Последовательность таких команд образует программу канала, с помощью которой можно выполнять несколько различных операций ввода-вывода, параллельно (одновременно) с выполнением программы ЦП. Программы канала генерируются операционной системой центрального процессора и размещаются в основной памяти, доступной для канала. В этих программах должны быть определены области памяти, предназначенные для канала, объем передаваемых данных, применяемые УВВ и виды операций, выполняемые УВВ. Центральное устройство управления информирует канал о месте размещения этой программы и передает ему команды о выполнении программы. Центральный процессор при этом остается свободным и может продолжить свои действия до тех пор, пока не произойдет прерывания от канала, указывающее, что канал выполнил заданную ему программу или что возможна непредвиденная ситуация, например, появились ошибки ввода-вывода.

2.3.5. В ЭВМ ЕС-1060 для достижения высокой степени совмещения операций ввода-вывода и операций процессора система ввода-вывода строится физически автономной, минимально использующей оборудования процессора. В составе каналов ЕС-4001 этой ЭВМ имеется необходимое оборудование для хранения и обработки управляющей информации, организации независимого от процессора обмена с ОП и выработки информации состояния системы ввода-вывода. В состав процессора входит оборудование позволяющее ему эффективно управлять автономно работающей системой ввода-вывода. Основное назначение этого оборудования — синхронизация событий в процессоре и системе ввода-вывода.

## 2.4. Структура системы ввода-вывода

2.4.1. Мультипрограммный режим работы ЭВМ достигается соответствующей структурной организацией ЭВМ. Если в ЭВМ имеются несколько устройств, каждое из которых может функционировать параллельно с ос-

тальными устройствами, то одновременно может выполняться несколько программ, обслуживаемых в каждый момент времени разными устройствами.

2.4.2. Разделение управления вводом-выводом. Возможности многостороннего использования ЕС ЭВМ достигаются реализацией в ЕС ЭВМ новой логической структуры. Для вычислительной системы характерна многоуровневая разветвленная система ввода-вывода, в которой могут быть выделены следующие уровни иерархии: процессор — канал — устройство управления УВВ — устройство ввода-вывода. Причем выделение этих уровней соответствует функциональному разделению управления вводом-выводом и отражает большую занятость по времени оборудования одной операцией ввода-вывода, чем ближе оно к нижнему звену.

Высшее звено этой структуры — процессор — запускает операцию ввода-вывода специальной командой (штриховая линия на рис.1), после чего все действия по управлению обменом выполняет канал. Таким образом, центральный процессор указывает каналу, когда начать операцию, и может приказать ему прекратить выполнение операции или изменить ее. С другой стороны, канал обычно не может начать какую бы то ни было операцию, не получив указания со стороны процессора. Это означает, что центральный процессор и канал находятся в отношениях, подобных отношениям ведущего и ведомого.

Устройство управления предназначено для согласования способов функционирования канала и устройства ввода-вывода, а также для управления работой устройства. В состав устройства управления входит блок сопряжения, благодаря которому разнотипные устройства ввода-вывода, входящие в вычислительную систему, становятся стандартными в части подключения к системе.

Нижнее звено этой структуры — устройство ввода-вывода — предназначено для ввода, вывода и хранения данных.

На нижних уровнях системы ввода-вывода необходимо обеспечить возможность подключения большого количества УВВ к одному каналу и организовать передачу данных в группе взаимосвязанных устройств. Для нижнего уровня системы ввода-вывода характерны следующие случаи передачи данных: между каналом и одним из УВВ, от канала всем или группе УВВ, несколькими УВВ в канал. В каждом из перечисленных случаев центральное устройство — канал выступает в роли ведущего, осуществляя централизованную связь.

Канал выполняет операции ввода-вывода по своей собственной программе одновременно и асинхронно с работой центрального процессора со



вывода может служить система ЕС ЭВМ. На рис.2 приведена структурная схема системы ввода-вывода ЕС-1060. Основными устройствами, обеспечивающими функционирование системы являются процессор ЕС-2060 с памятью ЕС-3266 емкостью 8МБ; каналы ЕС-4001 (два байт-мультиплексных и пять блок-мультиплексных);

НМИ ЕС-5061 (НРБ), ЕС-5066 и устройства управления к ним ЕС-5561 (Н ЕС-5566;

НМИ ЕС-5025, ЕС-5017 и устройства управления к ним ЕС-5525, ЕС-5517 перфокарточные УВВ ЕС-6019 и ЕС-7018;

перфооленточное УВВ ЕС-7903;

печатающее устройство ЕС-7033 (ПНР);

консоль оператора ЕС-7076 (ПНР);

НМИ пультовой ЕС-5009;

графический дисплей ЕС-7064;

графическое регистрирующее устройство планшетного типа ЕС-7051; дисплейная система ЕС-7920, в состав которой входят: печатающие устройства ЕС-7934, алфавитно-цифровой дисплей ЕС-7927 с устройствами управления ЕС-7921 (для дистанционной системы) или ЕС-7922 (для локальной системы);

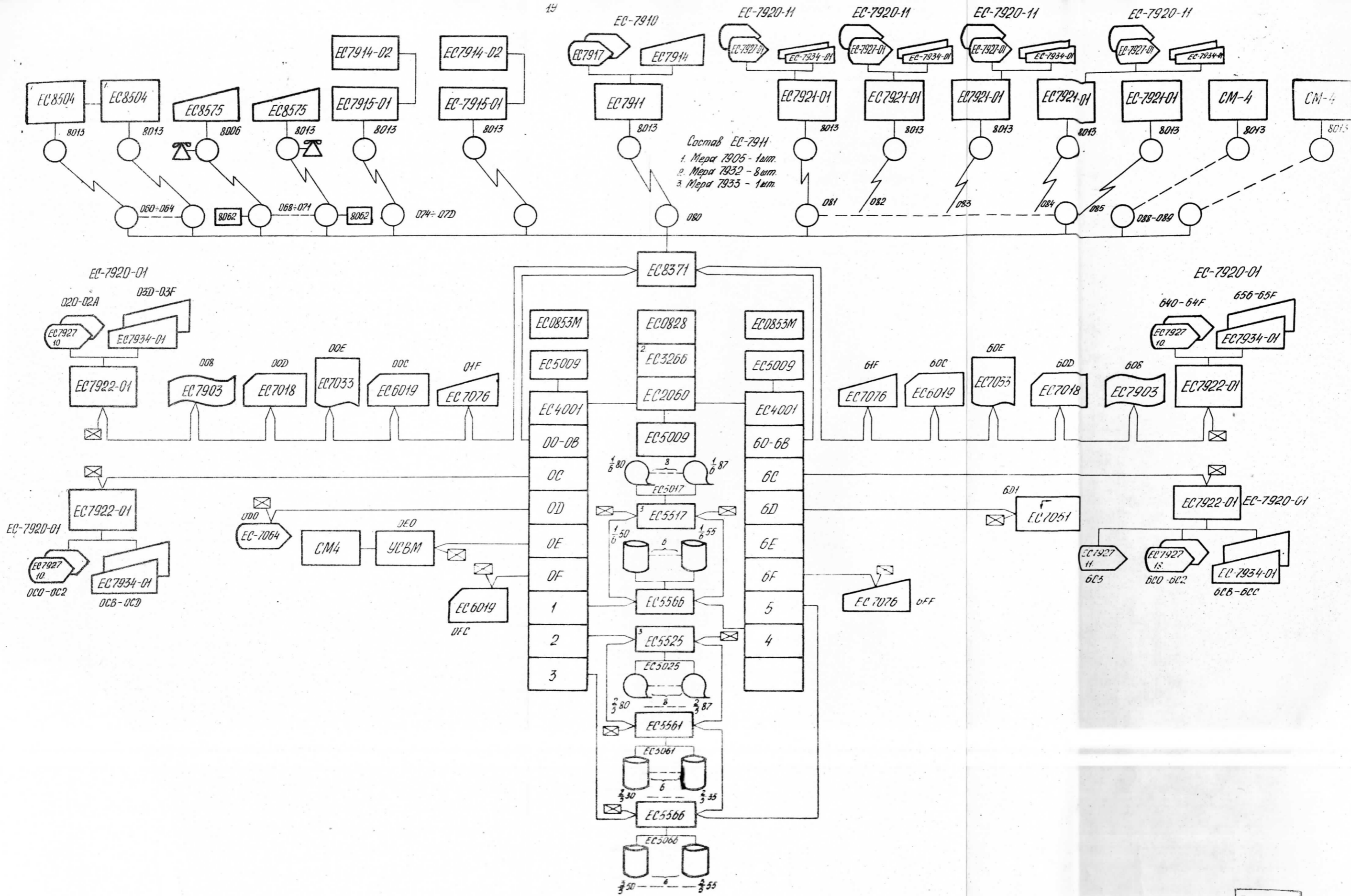
устройство питания ЕС-0828;

шкаф распределительный ЕС-0853;

Устройства систем телеобработки данных:

программируемый телекоммуникационный процессор ЕС-8371 (ПНР, НРБ), к которому можно подключить 1-352 полудуплексных линий телепередачи, знаковый перфоратор с клавиатурой ЕС-8575 (ПНР), модели 600-2400 б/с ЕС-8006 (ПНР), ЕС-8013 (ПНР).

2.4.3. Адресация УВВ. УВВ и доступ к нему через канал определяются 16-разрядным адресом ввода-вывода. Старшие 8 разрядов определяют адрес канала, а младшие 8 разрядов адрес устройства, т.е. устройство управления УВВ и подсоединенное к нему УВВ. В байт-мультиплексных и блок-мультиплексных каналах адрес устройства определяет как само устройство, так и подканал. Наличие нуля в старшем (левом) разряде адреса УВВ означает, что подканал является неразделенным. При наличии единицы в старшем разряде адреса УВВ подканал может быть как разделенным, так и неразделенным в зависимости от предварительной установки. Разделенным подканалам соответствуют последовательные адреса УВВ. Канал 0 является байт-мультиплексным, каналы 1-3 блок-мультиплексные. Возможность расширения каналов, реализован-



ba 183846

Рис. 2. Структурная схема системы Ввода-Вывода EC-1060.

Дзяржаўная бібліятэка БССР Імя У. І. Фаякіна

Дзяржаўная бібліятэка БССР Імя У. І. Фаякіна

ная в ЭВМ ЕС-1060, позволяет использовать каналы 4-6. Подключение каналов 7-255 в соответствии с адресом канала не может быть осуществлено, несмотря на то, что управляющий регистр 2 содержит разряды маски для каналов 0-31.

Ниже приведены некоторые характерные адреса УВВ.

| Адрес ввода-вывода |           |                               |       |                               |
|--------------------|-----------|-------------------------------|-------|-------------------------------|
| Канал              | УВВ       | Шестнадцатеричное обозначение | Канал | Примечание                    |
| 0000 0000          | 0000 IIII | 000F                          | 0     | Неразделенный                 |
| 0000 0001          | 1000 0000 | 0180                          | I     | Разделенный или неразделенный |
| 0000 0001          | 1000 0001 | 0181                          | I     | "                             |
| 0000 0011          | 0000 0100 | 0604                          | 3     | Неразделенный                 |

УВВ, доступ к каждому из которых может осуществляться по нескольким каналам, имеют отдельные адреса для каждого пути доступа к ним. Этот адрес указывает канал и устройство управления. Для устройств, подключенных к нескольким устройствам управления, часть адреса определяющая устройство, является фиксированной и не зависит от канала и устройства управления, через которые осуществляется доступ к этому устройству. Если не считать необходимости соблюдения приведенных выше правил, то во всем остальном адреса каналу и устройствам присваиваются произвольно. Присвоение адреса производится во время монтажа ЭВМ, и в дальнейшем обычно адреса не изменяются.

2.4.4. Связь с каналом. Использование канала ввода-вывода порождает необходимость в сопряжениях трех типов (рис. I):

1) сопряжения основной памяти, через который процессор и канал сопрягаются с памятью;

2) сопряжения процессор-канал, по которому происходит обмен управляющей информацией и сигналами прерывания;

3) интерфейса ввода-вывода, используемого для подключения устройств ввода-вывода к ЭВМ.

Устройства ввода-вывода соединяются с каналом стандартным способом - через интерфейс ввода-вывода. Интерфейс (стандартное сопряжение) представляет собой унифицированную систему соединения канала с устройством управления УВВ. Интерфейс является общим для всех каналов и устройств и допускает максимальное последовательное подключение к каждому каналу до десяти устройств управления.

Ширина информационного тракта между каналом и устройством сос-

твляает один байт.

Обмен сигналами управления и данных канала с оперативной памятью и центральным процессором осуществляется через обменную магистраль, связывающую процессор с каналом.

Связь канала с оперативной памятью осуществляется трактом, который обеспечивает обмен сигналами данных между каналами и управлением памятью процессора по шинам обменной магистрали.

Ширина тракта обмена данными между каналом и управлением памятью процессора составляет восемь байтов.

Связь канала с центральным процессором осуществляется трактом, который обеспечивает передачу сигналов управления от процессора в канал и передачу служебных сигналов от канала в процессор по шинам обменной магистрали. Этот тракт используется центральным процессором для запуска программы канала и наблюдения за ней, а канал использует этот тракт для выдачи сообщений программе центрального процессора о выполнении и окончании операций ввода-вывода.

2.4.5. Многоуровневая система ввода-вывода имеет определенные преимущества; основные из них следующие:

- возможность выполнения операций ввода-вывода одновременно с работой центрального процессора;
- возможность одновременного выполнения нескольких операций ввода-вывода; конфликты, возникающие при одновременном обращении на одном уровне, могут быть разрешены звеном более высокого уровня;
- простота решения вопросов синхронизации и возможность реализации асинхронного принципа работы.

Кроме того, такая структура предоставляет удобство и легкость программирования операций ввода-вывода независимо от конфигурации вычислительной системы; возможность изменять конфигурацию вычислительной системы в соответствии с конкретным классом решаемых задач в широких пределах за счет изменения количества подключенных к каналам УВВ, т.е. становится возможной реализация вычислительной системы с переменным составом оборудования; возможность сохранения работоспособности системы при выходе из строя блоков путем организации нескольких направлений доступа к УВВ.

## 2.5. Распределение функций в системе ввода-вывода

2.5.1. Мультипрограммная работа ЭВМ должна обеспечиваться с помощью управляющих программ, которые координируют работу устройств ЭВМ в процессе параллельного выполнения нескольких программ. Основной управляющей программой является супервизор. Супервизор контролирует состояние и управляет работой всех устройств ЭВМ: процессора,

основной памяти, внешних запоминающих устройств и устройств ввода-вывода. Контроль состояния устройств сводится к получению и сохранению в супервизоре следующей информации: устройство включено или выключено, исправно или неисправно, занято или свободно. Управление работой устройств сводится к закреплению устройств и областей памяти за программами, инициированию работы устройств и освобождению устройств и областей памяти по окончании их использования программами. При закреплении необходимо установить логическую связь в тракте, по которому затем осуществляется передача информации управления и состояния между программой и средствами ввода-вывода, а также выполняется передача данных между устройствами ввода-вывода и выделенной областью основной памяти. Средства защиты программ и данных от взаимного влияния, принадлежащие различным задачам пользователей, должны обеспечивать защиту программы от ошибок, которые могут возникать при работе других программ, выполняемых в мультипрограммном режиме. Закрепление устройств и областей памяти за программой может зависеть от доступности этих средств в настоящее время. Если устройству неисправно, пользователь может работать с любым другим устройством (например, установить требуемый пакет магнитных дисков на любой НМД из числа подключенных к ЭВМ, а если выбранный НМД окажется неисправным, переставить пакет на другой НМД). Поэтому программист в своей программе для обращения к устройствам может использовать символические имена, что позволяет выполнять одни и те же программы на ЭВМ с различной адресацией и типами УВВ.

Для обеспечения мультипрограммирования необходимо, чтобы оборудование канала совместно с программой - супервизором обладало следующими средствами и функциональными возможностями.

Устройства ввода-вывода должны быть защищены. Прикладные программы могут обращаться только к тем устройствам, которые назначены супервизором. Для внешних запоминающих устройств нужно защищать области памяти, отведенные каждой прикладной программе. Для каждого запоминающего устройства супервизор ведет таблицу, в которой отмечается местоположение (адреса) занятых и свободных участков памяти и размещение информации в пределах запоминающего устройства. Прикладной программе разрешается обращаться только к своим областям памяти. Программа не может записать информацию в чужую область памяти и читать чужую информацию.

Основная память должна быть защищена в процессе выполнения операций ввода-вывода. Средства защиты памяти должны исключать возмож-

ность передачи данных к областям основной памяти, принадлежащим другим программам.

Прикладная программа, которая непосредственно перед самым исполнением настраивается на адрес конкретного устройства, не должна зависеть от типа устройств ввода-вывода, а также от структуры вводимых или выводимых данных. Чтобы можно было планировать распределение устройств ввода-вывода в процессе выполнения программы, необходимо, чтобы вычислительная система позволяла задавать в программе для обращения к устройствам символические имена. Система должна выполнять преобразование символических имен в физические адреса устройств.

Поскольку области основной памяти могут выделяться в процессе выполнения программы, должна быть обеспечена возможность задания адреса данных в программе в символическом виде. Система должна выполнять преобразование символических адресов областей основной памяти в физические адреса.

Когда операция ввода-вывода завершена, информация о состоянии должна направляться программе, начавшей эту операцию, даже если эта программа в настоящее время и не выполняется.

При записи прикладной программы на исходном языке должно быть указано устройство ввода-вывода, а также должны быть заданы границы используемой области основной памяти.

2.5.2. Кроме того, средства канала или управляющей программы должны обеспечивать и некоторые другие функциональные возможности управления и синхронизации. Для устройств прямого доступа (магнитные диски) перед выполнением требуемой операции ввода-вывода, необходимо осуществлять операции "установка" и "поиск". Эти операции должны выполняться в определенной последовательности и не могут быть прерваны другими операциями. При этом две программы могут воздействовать одна на другую, если такая последовательность канала выполняется в одном и том же канале или в одном и том же устройстве управления, когда последнее доступно более чем одному каналу. Поэтому средства системы должны обеспечивать возможность защиты последовательности операций ввода-вывода, заданной одной программой, от вмешательства со стороны другой программы. При построении системы учтено, что ни одна из программ не должна монополизировать устройства. Несколько программ, осуществляющих чтение данных с магнитного диска, могут использоваться совместно и одновременно. Однако, если некоторая программа производит запись в массив данных, необходимо предотвратить доступ

к нему других программ, передав модифицируемый массив данных в монорольное использование модифицирующей программе.

В режиме мультипрограммирования могут одновременно выполняться несколько независимых прикладных программ, которые не должны оказывать взаимного влияния друг на друга. Если в таком режиме работы некая программа выдает, например, запрос в устройство ввода-вывода, которое уже работает по запросу другой программы, то это может привести к нарушению хода выполнения программ. Для устранения такого влияния в системе должно быть организовано централизованное обслуживание очереди запросов к "коллективно" использованным средствам.

При наличии достаточного объема основной памяти все перечисленные требования могут быть выполнены программой-супервизором. В то же время в системе, использующей стандартный метод управления устройствами ввода-вывода, большинство этих требований может быть реализовано аппаратно. Из сказанного следует, что основной задачей, которая решалась при проектировании системы, является распределение функциональных возможностей между программой и аппаратурой. Специальные аппаратные схемы уменьшают необходимый объем памяти и увеличивают быстродействие даже при наличии программы-супервизора, а программная реализация функций существенно снижает стоимость системы.

При программировании операций ввода-вывода зачастую приходится предусматривать выполнение множества мелких, часто повторяющихся функций; к таким функциям относятся, например, построение буферов ввода-вывода, осуществление блокирования и деблокирования записей, стандартные способы обработки ошибок ввода-вывода, планирование совместного выполнения операций в центральном процессоре операций ввода-вывода, и ряд других. Желательно, чтобы большая часть этих функций выполнялась стандартными, системными средствами и, конкретно, от программиста требовалось бы только указание необходимых сведений, которые обеспечивали бы исполнение указанных действий. Системные программы управления данными в математическом обеспечении ЕС ЭВМ в значительной мере удовлетворяют данному требованию. В этом случае программист не отвлекается от своей основной работы по организации обработки данных.

Управление устройствами ввода-вывода заключается в выполнении определенных служебных операций, не связанных непосредственно с передачей информации из ОП на УВВ или из УВВ в ОП. К таким операциям (называемым операциями управления) относятся: перематка магнитной ленты в НМД, установка механизма доступа для чтения или записи информации на определенную дорожку пакета магнитных дисков в НМД,

перемещение бумаги в АЦПУ и др. Операции управления выполняются по соответствующим командам УВВ, а для инициирования этих операций в прикладных программах используются специальные средства системных программ управления данными: управляющие символы и макрокоманды. Такая программная организация позволяет исключить из состава основных команд ЭВМ специфичные для конкретных устройств ввода-вывода коды операций, обеспечить возможность подключения новых устройств ввода-вывода путем изменения соответствующих программ без аппаратных перестроек.

Так как программа управляет устройствами ввода-вывода в начале и конце операций ввода-вывода, введение функций управления в системные программы означает, что все связи между прикладными программами и устройствами ввода-вывода, обслуживаются с помощью программы супервизора. Более того, некоторые функции управления, выполняемые системными программами, например, распределение устройств по существу являются и функциями супервизора. Поэтому в математическом обеспечении ЕС ЭВМ основные функции по наблюдению за мультиобработкой выполняет программа-супервизор. Оборудование канала обеспечивает экономическое выполнение общих функций и действий, не зависящих от типа устройств и одинаково необходимых для обеспечения работы каждого устройства ввода-вывода. Оборудованием канала выполняются и часто выполняемые функции, которые могут быть реализованы без дополнения к основному оборудованию канала (такие, как защита памяти, условные переходы в канале, повторение команды). Большинство функций управления, связанных с мультипрограммированием операций ввода-вывода, а также функций, зависящих от типа устройства и конкретной задачи пользователя, выполняются системными программами, а именно набором программ, называемых система управления данными и сокращенно СУД.

Система управления данными, главным образом, обеспечивает выполнение функций по реализации запрограммированных с помощью системных команд запросов к данным, находящимся в массивах информации и расположенным на устройствах ввода-вывода ЭВМ. В дальнейшем под системой управления данными (СУД) будут пониматься только программные средства.

Итак, в ЭВМ единой системы применяется развитая система ввода и вывода информации, которая включает программы управления вводом-выводом или устройствами ввода-вывода, и программы управления данными или систему управления данными (СУД), что облегчает использование различных устройств ввода-вывода.



Управляемые программой аппаратные средства переключаются при выполнении операции ввода-вывода для процессорной обработки состоящей системы ввода-вывода и определения какой задаче необходимо передать управление для продолжения выполнения программы. Оборудование канала построено в расчете на совместную работу с программой-супервизором

### 3. ЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КАНАЛА

Структура канала имеет два аспекта:

1) Логическую организацию, которая включает определенный набор функциональных средств, единые принципы управления и передачи информации;

2) Физическую организацию, представляющую собой набор технических средств, образующих аппаратную часть канала.

Так как эти аспекты независимы, мы рассмотрим их в отдельности. В каналах, имеющих разную производительность, конкретная физическая интерпретация логической организации различна. Поэтому рассматриваемая ниже логическая организация отражает лишь общие логические концепции выполнения программ канала и взаимодействие между ЦП и каналом.

#### 3.1. Унифицированный способ управления вводом-выводом

Логическая организация канала ввода-вывода обеспечивает единый способ подключения и управления для устройств ввода-вывода:

1. Любое УВВ физически подключается к каналу с помощью стандартных кабельных соединений, по которым передаются электрические сигналы с также стандартизованными параметрами.

2. Управление работой УВВ стандартизовано, т.е. определены структура и набор команд, выделена специальная последовательность управляющих слов канала для управления любым УВВ независимо от его особенностей.

3. Весь процесс ввода-вывода и обмен информацией организуется стандартным образом независимо от типа выбранного УВВ и режима работы. Все эти УВВ отвечают на одинаковые последовательности сигналов управления, а канал не анализирует передаваемую информацию, за исключением некоторой управляющей информации в начале и конце операции ввода-вывода. Канал отличает одно УВВ от другого по его адресу и по частоте формирования со стороны УВВ запросов на передачу или прием данных.

4. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММ КАНАЛА

Для выполнения операции ввода-вывода используются команды ввода-вывода процессора, команды канала и приказы.

Команды ввода-вывода расшифровываются процессором и являются частью программы процессора.

4.1. Команды канала

Команды канала расшифровываются и выполняются каналами и устройствами ввода-вывода. Команда канала задается посредством управляющего слова канала УСК. С помощью команды канала или УСК начинаются такие операции, как вывод (для команд записи и управления) и ввод (для команд считывания и уточнения состояния). Одно или несколько УСК, предназначенных для последовательного выполнения, образуют программу канала (рис.3).

Одно или несколько УСК определяют область памяти, связанную с операцией ввода-вывода. При определении области в УСК задается адрес первого передаваемого байта и число последовательно расположенных байтов, содержащихся в этой области памяти. Адрес первого байта указывается в поле адреса данных УСК. Число байтов, содержащихся в этой области памяти, указывается в поле счета УСК.

В операциях записи, чтения, управления и уточнения состояния ячейки памяти используются в порядке возрастания их адресов. При передаче информации в основную память или из нее канал увеличивает содержимое поля адреса и уменьшает содержимое поля счетчика. При операции чтения в обратном направлении данные помещаются в память в порядке убывания их адресов при этом и содержимое счетчика и значение адреса уменьшаются.

Если содержимое счетчика в операции становится равным 0, то это означает, что область памяти, определяемая УСК, исчерпана или заполнена.

Количество передаваемых данных контролируется как самим устройством, так и каналом. Устройство не может передать данные больше, чем это указано в программе канала. Когда вся отведенная область памяти будет очищена или заполнена (содержимое счетчика равно нулю), канал заканчивает операцию и ждет от устройства выдачи сигнала окончания. В то же время после того, как устройство примет или передаст физический блок данных, связанный с выполнением операции и окончанием этой операции по своей инициативе, оно выдает сигнал об окончании своей работы вне зависимости от того, использована ли выделенная область памяти полностью. Всякий раз, ко

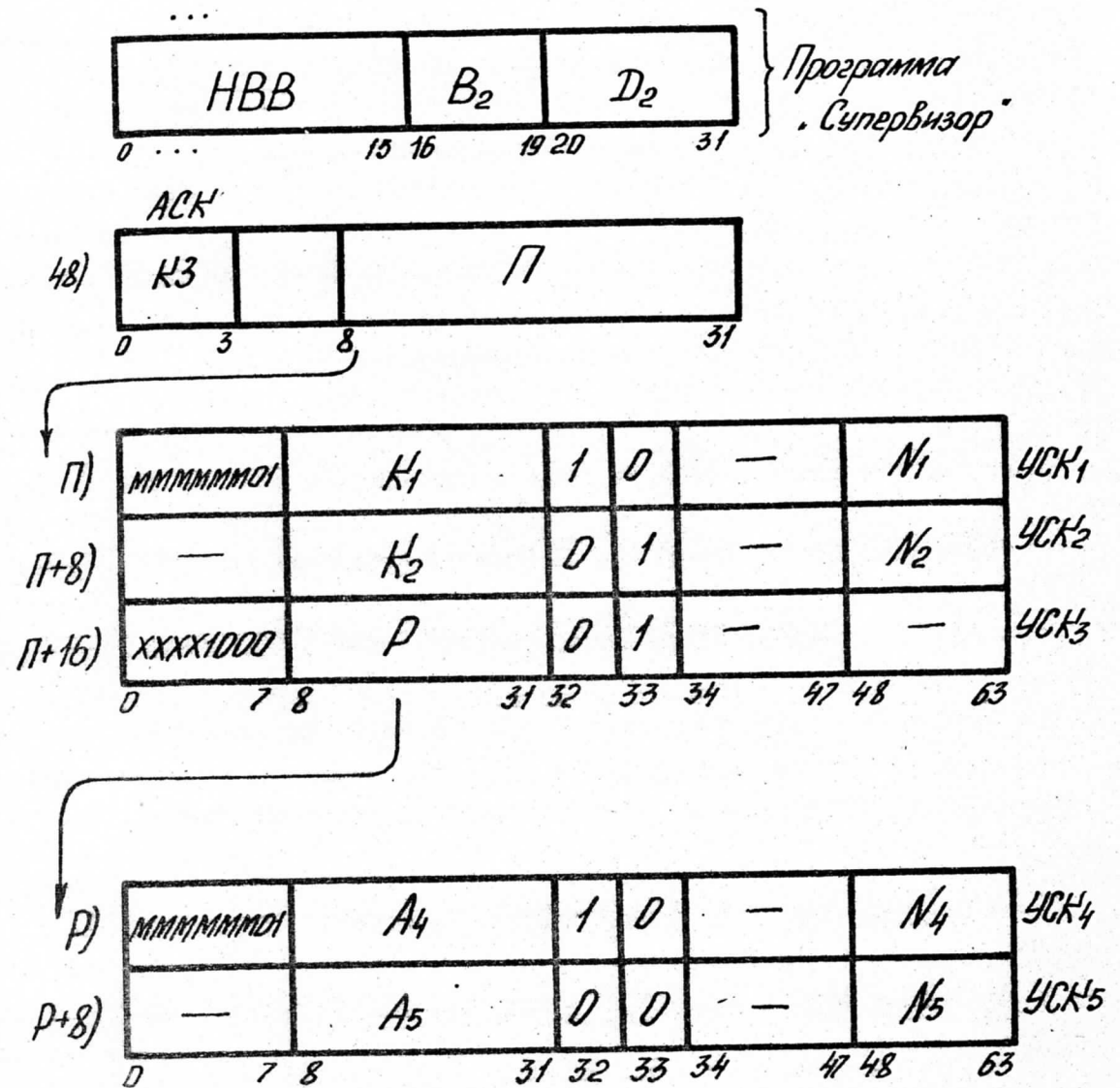


Рис. 3. Программа канала ввода-вывода.

да устройство заканчивает операцию по своей инициативе или величина блока данных, выдаваемого устройством, превышает величину выделенной ему области памяти, процессору направляются соответствующие сигналы.

#### 4.2. Код команды канала

8 - разрядный код команды в УСК определяет для канала и УВВ операцию, которая должна быть выполнена. Канал передает в устройство полный код команды, причем для большинства операций этот код содержит всю необходимую для устройства информацию, чтобы начать передачу данных. Часть кода команды является общей для всех типов устройств и определяет направление передачи данных (ввод или вывод) по отношению к каналу. Остальная часть кода команды (разряды модификации) зависит от типа устройства и определяют, как будет выполняться команда в УВВ. Они могут определять такие условия, как плотность записи или тип контроля по четности. В операциях управления разряды модификации могут содержать код приказа, определяющий управляющие указания для выполнения конкретных действий. Операции, свойственные только данному устройству и не связанные с передачей данных, такие как перемотка ленты или поиск информации на диске, выполняются с помощью приказов.

Приказы расшифровываются и выполняются устройствами ввода-вывода.

#### 4.3. Образование программ канала

4.3.1. Программа центрального процессора имеет возможность начать выполнение цепочки операций ввода-вывода по одной команде ввода-вывода. Канал, окончив передачу данных, заданную одним УСК, может продолжать процесс, начатый по команде ввода-вывода, выбрав новое УСК. Такая выборка нового УСК называется цепочкой, а все УСК, принадлежащие такой последовательности, считаются сцепленными, а сама последовательность УСК называется программой канала. Окончив выполнение операции, заданной УСК, канал может прекратить дальнейшее выполнение операции ввода-вывода для адресуемого устройства, либо продолжить ее выполнение в зависимости от содержимого разрядов цепочки данных и цепочки команд.

Цепочка имеет место между УСК, последовательно расположенными в ячейках длиной в двойное слово. УСК в цепочке расположены в памяти в порядке возрастания адресов, т.е. адрес нового УСК получается прибавлением числа 8 к текущему УСК. Из двух цепочек УСК, расположенных в несмежных областях памяти, с помощью команды перехода в канале может быть получена одна общая цепочка. Все УСК в цепочке от-

носятся к УВВ, указанному в исходной команде ввода-вывода.

Цепочку команд образуют несколько УСК с различными кодами команд, а цепочку данных - несколько УСК с одним и тем же кодом команд, но задающих различные области основной памяти, где хранятся данные.

В случае цепочки команд новое УСК, выбранное каналом определяет новую операцию ввода-вывода. Канал выбирает новое УСК и начинает новую операцию только после получения сигнала КОНЕЦ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА (КРУ) для текущей операции. Если имеет место цепочка команд, завершение текущей операции не вызывает прерывание ввода-вывода. Для операций, включающих передачу данных, новая команда всегда относится к новому блоку данных в УВВ.

Если указана цепочка команд, то для выполнения новой операции в УВВ канал выбирает новое УСК, что дает возможность процессору по одной команде ввода-вывода выполнять такие операции, как, например, вывод на печать нескольких строк или считывание с магнитной ленты нескольких зон данных. Кроме того, цепочка команд позволяет каналу перестраиваться с операции управления (например, с установки механизма доступа для чтения или записи информации на определенную дорожку пакета магнитных дисков в НМД) на операцию передачи данных без взаимодействия с программой процессора в конце операции управления. Цепочка команд дает возможность каналу выполнить программу канала, состоящую из нескольких УСК.

Если указана цепочка данных, канал выбирает новое УСК, в котором указана другая новая область основной памяти для использования в исходной операции ввода-вывода; при этом УВВ продолжает выполнять исходную операцию и ему не сообщается о выборке нового УСК. Когда все данные, указанные текущим УСК, будут переданы в основную память или в УВВ, операция в УВВ продолжается по цепочке данных с использованием области памяти, определяемой новым УСК. Содержимое поля кода команды в новом УСК игнорируется, если только это не код команды перехода в канале.

Считается, что цепочка данных начинается сразу после того, как последний байт данных, указанный текущим УСК, будет передан в основную память или в УВВ. Когда последний байт данных помещен в основную память или принят устройством, новое УСК используется для управления операцией. Цепочка данных дает возможность управлять переконпоновкой данных в процессе их передачи в несмежные области основной памяти или из несмежных областей памяти.

Цепочки позволяют сократить количество требуемых вмешательств со стороны программы процессора. Использование в УСК одного или нескольких разрядов признаков увеличивает диапазон возможных операций ввода-вывода и гибкость системы ввода-вывода.

Для обеспечения работы ЭВМ с виртуальной организацией оперативной памяти в канал введены средства косвенной адресации в дополнение к средствам преобразования адресов в процессоре.

Средства косвенной адресации данных в канале применяются в целях использования виртуальной памяти. Эти средства дают возможность использовать несмежные страницы оперативной памяти для размещения данных, считанных из виртуальной памяти, в которой они располагаются последовательно по страницам.

Эти же средства позволяют одной команде канала (УСК) управлять обменом данных с несмежными страницами реальной основной памяти. Если указан признак КАД, то разряды 8-31 не используются для непосредственной адресации данных. Вместо этого адрес в УСК указывает на список слов, называемых адресными словами данных (АСД), каждое из которых содержит абсолютный адрес области данных в пределах 2048 - байтового блока памяти. Если указан признак КАД, то разряды 8-31 в УСК определяют адрес первого слова списка адресных слов данных (АСД), который будет использоваться для организации передачи данных по этой команде (рис.4).

Дополнительные слова АСД, если они требуются для передачи данных в этой операции, выбираются из смежных ячеек основной памяти. Число слов АСД, требуемых для одной операции, определяется полем счета в УСК и адресом данных в первом АСД. Так, например, если в поле счета УСК указано 4000 байтов, а первое АСД определяет ячейку в середине 2048 - байтового блока, то для операции требуются три слова АСД. Для первого АСД может быть указан любой адрес памяти. Для последующих АСД, в зависимости от команды, должен быть указан адрес первого или последнего байта блока, расположенного на границе 2048 байтов. Таким образом, для команд чтения, записи, управления и уточнения состояния эти АСД должны иметь нули в разрядах 21-31. Для команды чтения в обратном направлении эти разряды равны 1. Для последнего АСД канала может определить окончание по исчерпанию счета байтов.

Формат АСД и назначение полей следующие:

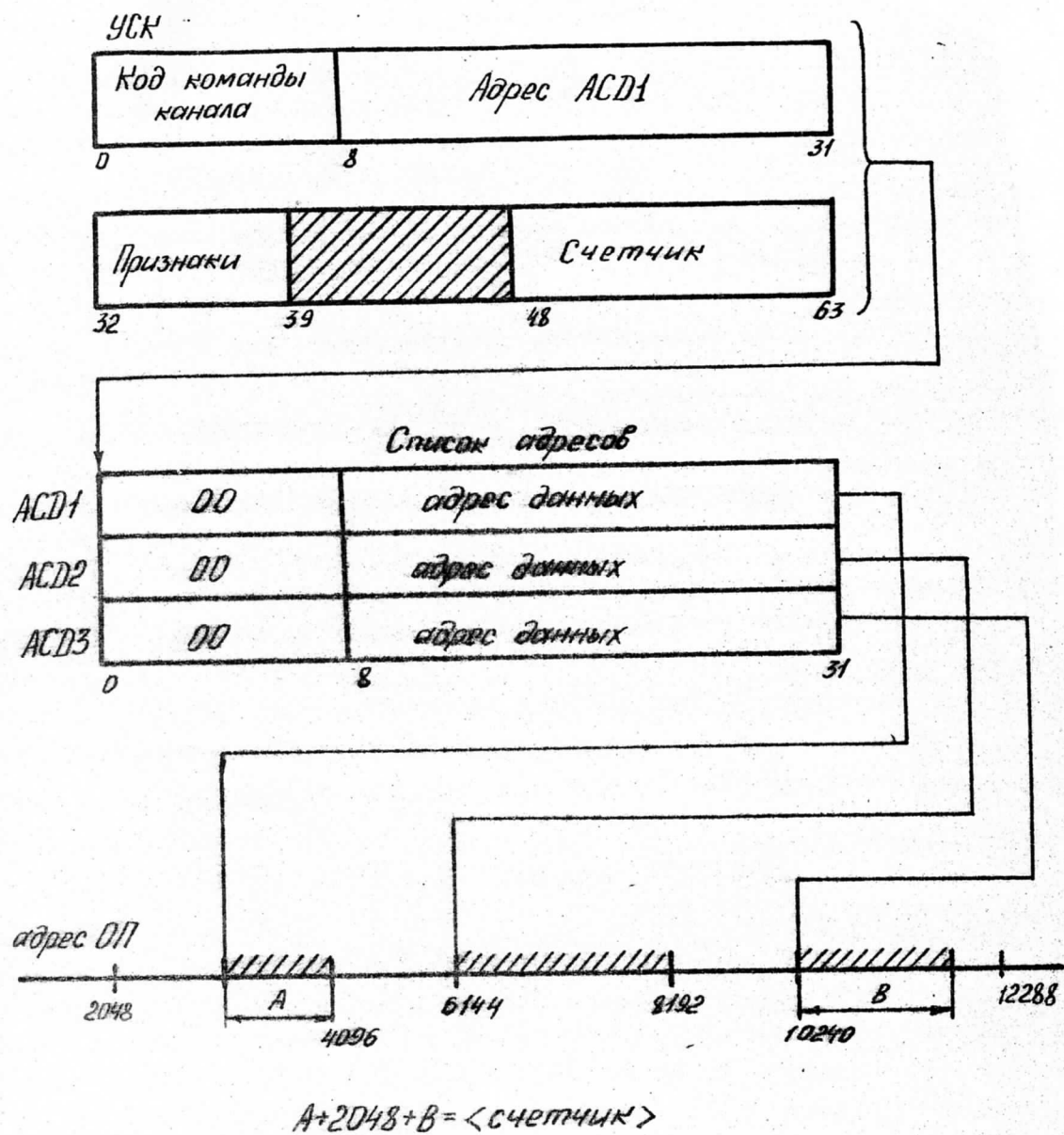
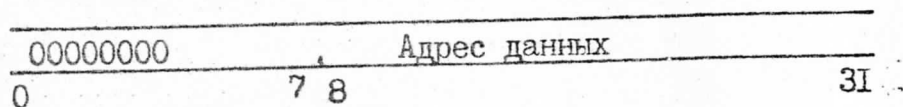


Рис. 4. Косвенная адресация данных в канале.

Разряды 8-31 определяют адрес первого байта данных, используемого в операции ввода-вывода.

Формат адреса данных проверяется в каналах и нарушение его вызывает программную ошибку и прекращение операции. Канал может заранее выбрать любое число АСД, относящихся к текущей операции. АСД используется для управления передачей данных только после того, как будет передан последний байт данных, указанный в предыдущем АСД для этой УСК. Ошибки, обнаруженные в таком заранее выбранном АСД, не указываются, пока это АСД не будет использовано в операции ввода-вывода. При передаче данных канал определяет окончание страницы по изменению состояния разряда 4 байта 2 адреса данных.

Определив, что все данные, принадлежащие одной странице, переданы, канал извлекает из списка адресов новое АСД и продолжает передачу данных, используя адрес из этого АСД.

Использование системы управления данными (СУД) дает возможность освободить программу пользователя от выполнения таких функций, как распределение областей памяти при выполнении операций ввода-вывода, а также от формирования программы канала. Буферизация, обеспечиваемая программой СУД, особенно удобна при решении задач в режиме пакетной обработки. При использовании других режимов, особенно при работе в режиме реального времени и при работе с внешними накопителями прямого доступа прикладная программа должна формировать программу канала своими средствами перед тем, как обращаться к СУД для запуска операции ввода-вывода. Однако, чтобы исключить разрушение данных одной прикладной программы другой прикладной программой, программа-супервизор должна выполнять функции по управлению областями памяти, используемыми прикладными программами.

#### 4.4. Защита памяти

Обращения к основной памяти, поступающие из каналов, производятся с использованием ключа защиты, который задается в адресном слове канала (АСК). Ключ защищает область памяти, в которой находится программа, выдавшая запрос на ввод-вывод. Соответствие ключа защиты ключу той ячейки памяти, к которой обращается канал по текущему адресу проверяется только в момент обращения. Несовпадение ключей приводит к прекращению операции ввода-вывода и установлению соответствующего признака в байте состояния канала (признак нарушения защиты памяти). Таким образом, задание ключа в АСК обеспечивает защиту программ, выполняемых в мультипрограммном режиме, от некорректно запланированных операций ввода-вывода. Аппаратный способ реализации защиты памяти

выполнении операций ввода-вывода дает возможность программам СУД начинать операцию ввода-вывода без предварительной проверки каждого УСК, задаваемого прикладной программой, и без их перемещения в область памяти, отведенную для супервизора, с целью их защиты от изменений при последующих обращениях прикладной программы к памяти.

Выполнение определенной операции ввода-вывода является событием случайным, которое наступает в результате выполнения предыдущей операции ввода-вывода. Например, передача данных при работе с НМД может начаться только тогда, когда требуемая запись находится под головками чтения/записи.

Для обращения к требуемой записи на дорожке магнитного диска используются команды поиска двух основных типов: по идентификатору и по ключу. При поиске по идентификатору производится сравнение содержимого поля счетчика записи с заданным в программе адресом записи, представленным в виде совокупности номера цилиндра, номера дорожки и номера записи на дорожке. Перечисленную здесь совокупность номеров называют идентификатором физической записи на пакете магнитных дисков. При поиске по ключу заданная в прикладной программе информация сравнивается с содержимым поля ключа. Само сравнение, в зависимости от используемой команды поиска, может производиться на выполнение определенного логического условия: "на равно", "на больше", "на больше или равно". Сравнение выполняется в устройстве. При этом существенно то, что идентификатор не запоминается ни в канале, ни в устройстве, что могло бы ограничивать его размер, а выбирается непосредственно из основной памяти в процессе выполнения операции сравнения.

#### 4.5. Условные переходы.

Для нахождения требуемой записи на дорожке команда поиска выполняется в цикле до тех пор, пока не будет выполнено логическое условие поиска или не достигнута граница области поиска. Программный цикл выполнения команды поиска организуется с помощью команды ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ (рис.5). Эта команда следует в программе канала вслед за командой поиска. Если при выполнении команды поиска логическое условие, заданное в команде, удовлетворяется, то в канал выдается признак МОДИФИКАТОР СОСТОЯНИЯ. Получив этот признак, канал пропускает в программе канала очередную команду (т.е. команду ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ) и выполняет следующую команду чтения или записи, после чего выполнение программы канала завершается. Если логическое условие поиска не удовлетворяется, то следующая в программе канала

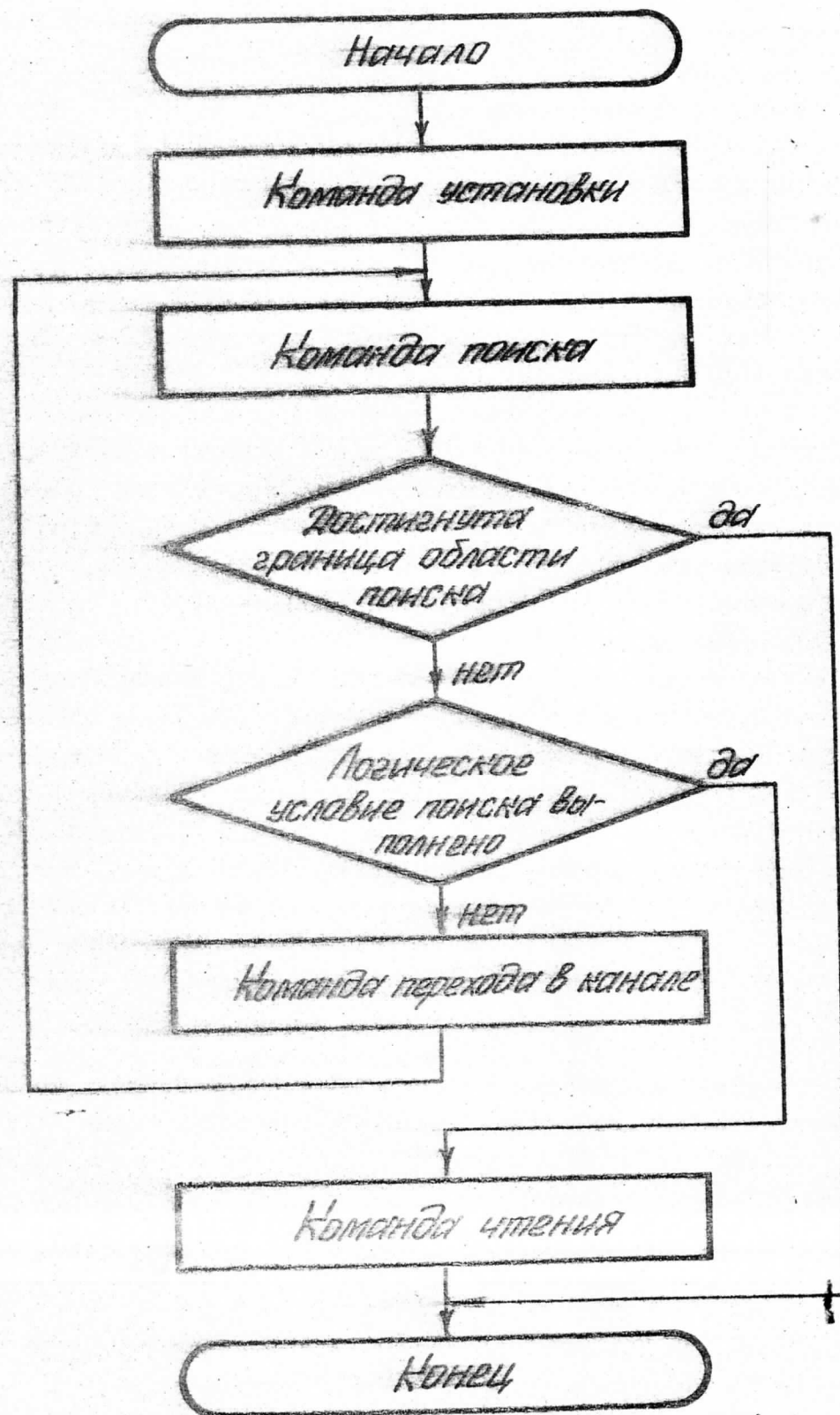


Рис.5. Схема выполнения программы канала при чтении записи с пакета магнитных дисков.

Команда ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ вновь возвращает управление команде поиска. При этом выполняется операция сравнения для следующей физической записи на дорожке.

## 5. ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ВВОДА-ВЫВОДА

Из приведенного выше описания логической структуры системы ввода-вывода ЕС ЭВМ следует, что непосредственное управление операциями обмена данными между ОП и УВВ осуществляются каналом. Для выполнения этой функции каналу должна быть передана информация, указывающая, какая именно операция должна быть выполнена, сколько байтов информации и по какому адресу ОП должно быть передано. Канал использует эту информацию для посылки соответствующих управляющих сигналов в УВВ, контроля количества передаваемой информации, обращения в определенные ячейки ОП для записи или выборки вводимых или выводимых из ЭВМ данных.

Описание операций ввода-вывода составляется в виде программы канала. Программа канала размещается в области констант прикладной программы и состоит из управляющих слов канала УСК.

### 5.1. Управляющее слово канала

Управляющее слово канала (УСК) или команда канала определяет команду, которую нужно выполнить, а для команд, вызывающих передачу данных, определяет также область памяти, связанную с операцией ввода-вывода, и действия, которые нужно предпринять после завершения передачи данных.

УСК имеет следующий формат:

| Код команды канала | Адрес данных | Флажки | 00 |    | Счет данных |    |
|--------------------|--------------|--------|----|----|-------------|----|
| 0                  | 8            | 32     | 38 | 40 | 48          | 63 |

Назначение разрядов управляющего слова канала:

0 ÷ 7 – код команды начала. Определяет для канала и УВВ операцию, которая должна быть выполнена. Два младших разряда или, если они равны 0, четыре младших разряда кода команды определяют для канала операцию. В УВВ передается весь байт команды, в котором разряды модификатора (М) определяют как будет выполняться команда в УВВ. Они могут определять, например, вид записываемой информации или конкретную команду управления.

Канал различает четыре операции:

| Операции                       | Код       | Команды канала                |
|--------------------------------|-----------|-------------------------------|
| 1. Вывод в прямом направлении  | MMMM MMOI | Запись                        |
|                                | MMMM MMII | Управление                    |
| 2. Ввод в прямом направлении   | MMMM MMIO | Чтение                        |
|                                | MMMM OIOO | Уточнить состояние            |
| 3. Ввод в обратном направлении | MMMM II00 | Чтение в обратном направлении |
| 4. Передача управления         | XXXX IOOO | Переход в канал               |

Код XXXX OOOO означает НЕДОПУСТИМАЯ КОМАНДА.

Код команды OOOO OOOO посылается в УВВ при выполнении команды ввода-вывода ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД.

Символ "X" указывает на то, что данный разряд игнорируется каналом, символ "M" определяет разряд модификатора.

Отметим, что для отдельных типов УВВ набор команд достаточно велик: для АЦПУ используется 34 команды, для НМЛ – 21, для НМД – 56.

8 - 31 - адрес данных. Указывает абсолютный адрес первого байта области ОП, если нет флага косвенной адресации данных.

32-37 - флажки (признаки) указывают действия, которые должны быть выполнены после завершения данной операции, или условия ее выполнения.

32 - цепочка данных (ЦД). Означает, что после окончания передачи данных, предусмотренной текущей ОВВ, та же самая ОВВ должна продолжаться с использованием области памяти, определенной следующей УСК.

33 - цепочка команд (ЦК). Означает, что после нормального завершения текущей операции начинается операция, задаваемая кодом команды в следующем УСК.

34 - флажок подавления индикации неверной длины (ПИНД). По этому признаку программе не сообщается о несоответствии между заданным и переданным количеством байтов.

35 - флажок ФИКТИВНОЕ ЧТЕНИЕ (ФКЧТ). Блокирует запись данных в ОП.

36 - программно-управляемое прерывание (ПУП). Как только выбирается УСК с данным признаком, формируется прерывание.

37 - косвенная адресация данных (КАД). Определяет косвенную адресацию данных в канале.

38-39 - должны быть равны нулю.

40-47 - не используются.

48-63 - счет байтов. Эти разряды задают число байтов в области ОП, определяемой данным УСК.

Разряды 38-39 каждого УСК, за исключением команды ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ, должны быть равны нулю. Кроме того, если задана косвенная адресация данных в канале, разряды 30-31 в УСК должны быть равны нулю, указывая на границу слова, а разряды 0-7 первой записи списка косвенных адресов данных должны быть равны нулю. Если вышеуказанные разряды не равны нулю, вырабатывается сигнал ОШИБКА ПРОГРАММЫ. Если в первом УСК, указанном в АСК, нет нужных нулей, операция ввода-вывода не начинается. Если подобная ситуация обнаруживается при выполнении цепочки данных, в УВВ посылается сигнал прекращения операции; при выполнении цепочки команд новая операция не начинается; а вырабатывается сигнал прерывания.

По команде ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ (ПК) следующее УСК выбирается из ячейки ОП, адрес которой указан в поле адреса данных УСК, задающего переход в канале. Команда ПК не вызывает в канале какой-либо операции ввода-вывода, и сигнал на выполнение этой команды в устройство ввода-вывода не посылается. Команда ПК позволяет располагать цепочку

УСК не обязательно в соседних ячейках в порядке возрастания адресов. Первое УСК, на которое ссылается АСК, не должно быть командой ПК.

При выполнении операций ввода-вывода управляющие слова канала УСК, из которых состоит программа канала, передаются в канал из ОП последовательно по одному, причем перед запуском операции (по команде ввода-вывода НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД) адрес первого УСК программы канала помещается в фиксированную ячейку памяти (с адресом 72), называемую адресным словом канала (АСК).

### 5.2. Адресное слово канала.

Адресное слово канала (АСК) определяет ключ защиты памяти и адрес первого управляющего слова канала (УСК), связанного с командой ввода-вывода НВВ или НВВВО.

Среди приведенных команд только команды НВВ и НВВВО требуют для своего выполнения формирования канальной программы. Все остальные команды выполняются только на уровне канала и УВВ. Поэтому только по командам НВВ и НВВВО канал обращается всегда в одну и ту же ячейку ОП с адресом 48/16СС. По этому адресу выбирается адресное слово канала (АСК), которое было туда предварительно занесено операционной системой. АСК указывает каналу на размещение начала программы канала для данной операции ввода-вывода и имеет вид:

| Кл. защиты | 0000 | Адрес первого УСК |
|------------|------|-------------------|
| 0          | 3 4  | 7 8               |
|            |      | 31                |

После проверки 4-7 на наличие нулей, АСК принимается к исполнению. Назначение разрядов:

0 - 3 - ключ защиты. Хранится в канале и каждый раз выдается в ОП при обращении в память при выполнении команд канала, где сравнивается с ключом той области памяти, которая используется в данной команде ввода-вывода.

8 - 31 - адрес двойного слова памяти, где находится первое УСК.

Разряды 4-7 должны содержать нули. Поскольку УСК расположено на границе двойного слова, 3 младших разряда адреса должны быть равны нулю. Если какое-либо из этих ограничений нарушено или, если адрес УСК указывает область ОП, защищенную по выборке или находящуюся за пределами ОП, то по команде ввода-вывода НВВ записываются



байты состояний в слово состояние канала (ССК) с установленным рядом НАРУШЕНИЕ ЗАЩИТЫ или ОШИБКА ПРОГРАММЫ. В этом случае операция ввода-вывода на УВВ не начинается.

После того как в ОП построена программа канала, а ее адрес помещен в АСК, система подготовлена к выполнению операций ввода-вывода. Запуск этих операций осуществляется по командам ввода-вывода.

### 5.3. Команды ввода-вывода

5.3.1. Команды ввода-вывода начинают и останавливают операции ввода-вывода, а также осуществляют проверку состояния системы ввода-вывода. Все команды ввода-вывода используют формат 5 :

| Код операции | B2 | D2 |
|--------------|----|----|
| 0            | 16 | 20 |

Действительный адрес ввода-вывода получается путем суммирования содержимого регистра B2 и смещения D2. Результат суммирования имеет вид:

|   | Адрес канала | Адрес УВВ |
|---|--------------|-----------|
| 0 | 16           | 24        |

Разряды 16-31 этой суммы образуют шестнадцатиразрядный адрес для операции ввода-вывода, а разряды 0-16 не используются.

Разряды 16-23 полученного адреса задают адрес канала, а разряды 24-31 задают адрес УВВ, номер подканала.

В табл. I приведены названия и коды команд ввода-вывода.

Таблица I.

| Команды ввода-вывода                            | Мнемоника | Код  |
|---|-----------|------|
| НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД (НВВ)                         | SIO       | 9C00 |
| НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ (НВВБО) | SIOF      | 9C01 |
| ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД (ОВВ)                     | NIO       | 9E00 |
| ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО (ОУ)                      | NDV       | 9E01 |
| ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД (ПВВ)                      | TIO       | 9D00 |
| ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД (ОСВВ)                    | GRIO      | 9D01 |
| ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ (ПК)                            | TCH       | 9F00 |
| ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА (ЗИК)             | STIDC     | B203 |

5.3.2. Команды НВВ и НВВБО предназначены для запуска операции ввода-вывода в адресуемом УВВ и подканале.

При выполнении команды НВВ операция ввода-вывода начинается в том случае, если адресуемое УВВ и подканал доступны, канал доступен или хранит прерывание и никаких ошибок или особых случаев не обнаружено. Операция ввода-вывода не может быть начата, если адресуемая часть системы ввода-вывода находится в любом другом состоянии, либо канал и устройство обнаруживает при выполнении какой-либо ошибку или особый случай.

В результате выполнения команды НВВ канал может сформировать и выдать в процессор признак результата, который может быть использован для определения состояния адресуемого УВВ и подтверждения того, что команда принята. Признак результата, устанавливаемый в ССП командами ввода-вывода, может быть использован командами перехода процессора по признаку результата при передаче управления.

По команде НВВБО канал может выставить признак результата в процессор еще до того, как операция ввода-вывода будет начата на выбранном устройстве. При выполнении команды НВВБО процессор освобождается сразу после выборки АСК, а не после завершения процедуры выборки устройства, т.е. процессор быстрее возвращается к выполнению своей программы задачи.

При выполнении команды НВВБО операция ввода-вывода может быть начата, если адресуемый подканал доступен, канал доступен или хранит прерывание, а также отсутствуют ошибки или особые случаи. Процессор не ждет ответа от адресуемого устройства. Если во время продолжения выполнения команды НВВБО канал или устройство обнаруживают, что операция ввода-вывода не могла быть начата, то формируются ССК каналом, который получает байт состояния от УВВ. По прерыванию ввода-вывода ССК записывается в основную память. В этом случае состояние устройства и ССК не связаны с выполнением команды НВВБО. Операция ввода-вывода не может быть начата, если адресуемый подканал и канал находятся в другом состоянии.

5.3.3. Команда ОВВ используется для прекращения операции между адресуемым каналом и любым работающим УВВ в канале. Команда ОВВ предоставляет программе средства для прекращения операции ввода-вывода прежде, чем все данные, указанные в операции, будут переданы, или прежде, чем выполнение операции в устройстве достигнет обычного конца. По команде ОВВ прекращается выполнение текущей операции в адресуемом УВВ, подканале и канале. Последующее состояние канала зависит от типа канала. В байт-мультиплексном канале команда ОВВ

позволяет управлять выполнением операций в реальном масштабе времени и позволяет программе прекращать передачу данных по линии в канале связи. Если адресуемый подканал хранит прерывание, а канал доступен или хранит прерывание, то по команде ОВВ никаких действий в канале не выполняется.

5.3.4. Команда ОУ используется для прекращения операции между адресуемым каналом и адресуемым устройством.

Выполнение команды ОУ прекращает передачу данных через интерфейс ввода-вывода для адресуемого устройства. Последующее состояние подканала зависит от типа канала.

При выполнении команды ОУ для УВВ, подключенного либо к байт-мультиплексному, либо к блок-мультиплексному каналу, работающему в режиме блокового мультиплексирования, происходит прекращение операции ввода-вывода только в указанном командой УВВ. На выполнение операции ввода-вывода другими УВВ, подключенными к этому каналу, данная команда не оказывает влияния.

Если канал доступен или хранит прерывание, а подканал доступен и работает с адресуемым устройством, то по команде ОУ выбирается адресуемое устройство и в него посылается сигнал прекращения текущей операции, если она имеет место. Если в подканале определена цепочка, то она подавляется.

Если канал доступен или хранит прерывание, а подканал работает с неадресуемым устройством или хранит прерывание, то никаких действий не производится.

Если канал работает в монопольном режиме с адресуемым устройством, передача данных через интерфейс ввода-вывода немедленно прекращается и устройство сразу же отключается от канала. Цепочка, если она определена в подканале, подавляется.

Если канал работает в монопольном режиме с неадресуемым устройством и подканал доступен, хранит прерывание или работает с неадресуемым устройством, то никакие действия не производятся. Если подканал работает с адресуемым устройством, то подканал настраивается на выдачу сигнала прекращения операции в следующий раз, когда устройство запросит или предложит байт данных. Цепочка, если она определена в подканале, подавляется.

5.3.5. Команда ПВВ вызывает проверку и запись состояния выбранного устройства. Приоритет устройств, подключенных к каналу, является фиксированным и не может изменяться программой. Устанавливая маску, запрещающую прерывания ввода-вывода, программа получает возможность

управлять приоритетом прерываний ввода-вывода выборочно от каналов. Команда ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД позволяет программе принимать сигналы прерываний выборочно от УВВ.

Команда ввода-вывода ПВВ используется для проверки состояния адресуемого канала, подканала и УВВ, а также для сброса сигнала прерывания в канале и байта состояния в УВВ при запрещенных прерываниях ввода-вывода. Результатом проверки является признак результата и в некоторых случаях запись ССК.

5.3.6. Команда ОСВВ используется в блок-мультиплексном канале для быстрого отключения устройства.

По команде ОСВВ в зависимости от типа канала и разряда управления мультиплексированием (разряд 0 управляющего регистра 0) выполняется либо команда ПВВ, либо команда ОСВВ. Команда ПВВ выполняется в том случае, когда команда ОСВВ не реализована в канале или когда разряд управления мультиплексированием установлен в 0.

При выполнении команды ОСВВ текущая операция в адресуемом устройстве прекращается и состояние операции на момент окончания фиксируется в запомненном ССК.

5.3.7. Команда ПК проверяет состояние только адресуемого канала: работает ли канал в монопольном режиме, хранит ли сигналы прерывания от устройств или же выключен. Состояние канала не изменяется и никаких операций в канале не производится. Если канал работает в монопольном режиме или хранит прерывание, признак результата устанавливается, как для работы в монопольном режиме. Если одно из перечисленных условий не существует, указывается состояние доступен. При выполнении команды ПК ни одно устройство не выбирается, а в мультиплексном канале не опрашиваются подканалы.

5.3.8. Команда ЗИК осуществляет запись в ячейку I68 основной памяти слова информации, описывающей заданный канал. Информация описывает заданный канал и служит идентификатором канала в области связи ввода-вывода.

Формат идентификатора канала имеет следующий вид:

| Тип | Номер модели канала | Максимальная длина расширенной регистрации |
|-----|---------------------|--|
| 0   | 3 4                 | I5 I6 3I                                   |

Разряды 0-3 описывают тип канала. Если канал может работать как канал различных типов, то записанный код идентифицирует тип канала в момент выполнения команды. Типы каналов в основном определяются режи-



Назначение разрядов ССК:

0-3 - ключ защиты ОП, используемый для операций в подканале.

5 - НЕ ВЫПОЛНЕНА РЕГИСТРАЦИЯ (Р). Если разряд 5 установлен в I, то это означает, что команда ввода-вывода не будет выполнена до тех пор, пока не будет сброшен разряд невыполненной регистрации. При этом разряд 45 (сбой управления каналом) также установлен в I.

6-7 - ОТЛОЖЕННЫЙ ПРИЗНАК РЕЗУЛЬТАТА (КУ) указывает были ли обнаружены после установки признака результата, равного 0, для команды НВВБО ситуации, которые, привели бы к установке другого результата (отложенный) для команды НВВ.

8-31 - адрес УСК, который выполнялся бы после выполнения текущего УСК, при выполнении которого произошла запись ССК.

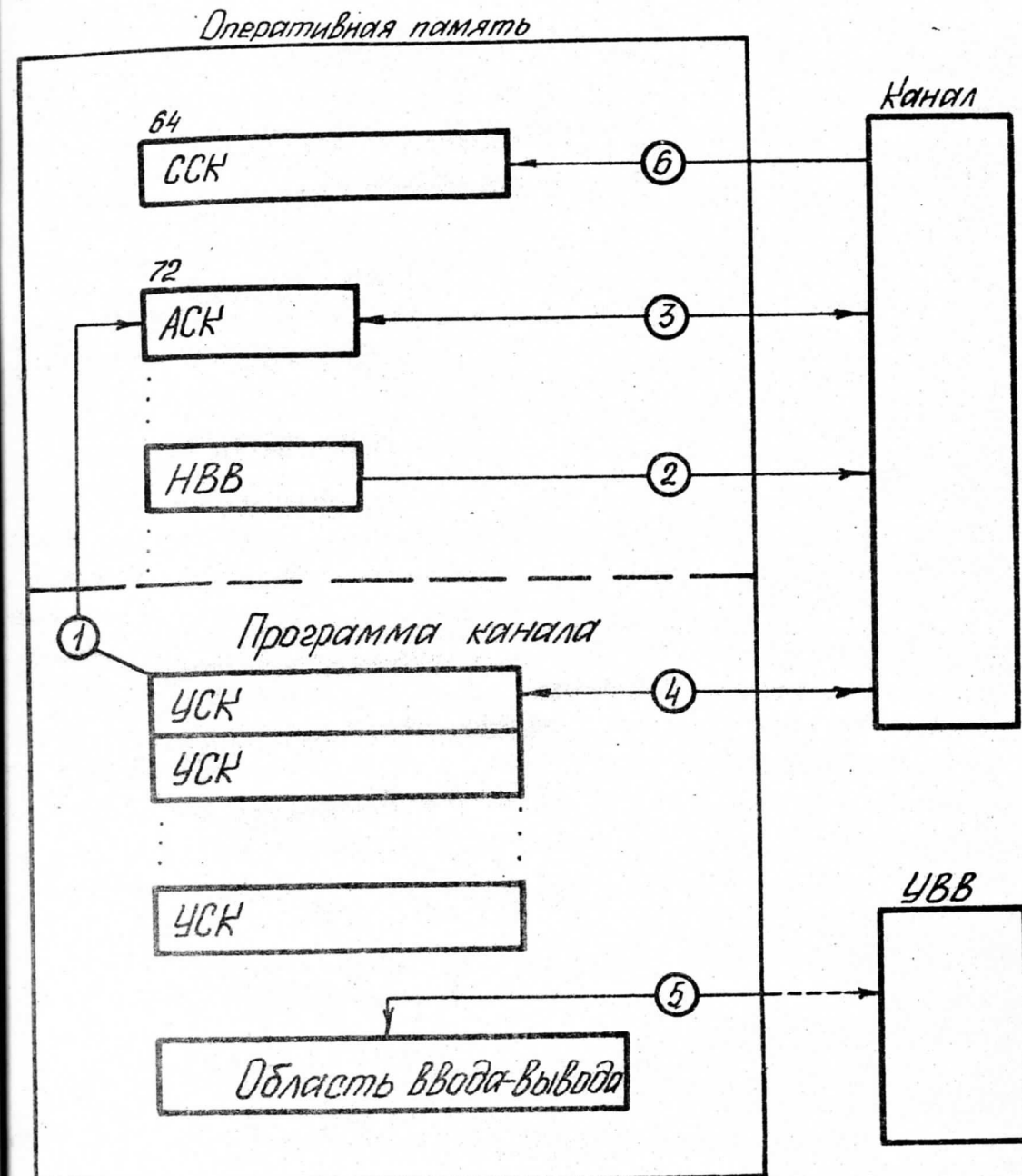
32-47 - байты состояния УВВ и канала, которые содержат условия в УВВ и канале, вызвавшие запоминание ССК.

Соответствие между разрядами и условиями приведено в таблице.

| Разряд | Условие                                |
|--------|--|
| 32     | Внимание                               |
| 33     | Модификатор состояния                  |
| 34     | Конец работы устройства управления УВВ |
| 35     | Занято                                 |
| 36     | Конец работы канала                    |
| 37     | Конец работы устройства                |
| 38     | Сбой в устройстве                      |
| 39     | Особый случай в устройстве             |
| 40     | Программно-управляемое прерывание      |
| 41     | Неправильная длина                     |
| 42     | Ошибка в программе                     |
| 43     | Нарушение защиты                       |
| 44     | Ошибка в данных в канале               |
| 45     | Сбой управления каналом                |
| 46     | Сбой управления интерфейса             |
| 47     | Сбой цепочки                           |

48-63 - конечное значение счета данных для последнего использованного УСК.

На рис.6 приведена схема, показывающая последовательность действий в системе при запуске и завершении операций ввода-вывода.



1 - формирование АСК; 2 - передача управления каналу; 3 - обращение канала в АСК за адресом первого УСК программы канала; 4 - выборка каналов УСК из ОП; 5 - передача данных из ОП в УВВ или из УВВ в ОП; 6 - формирование ССК после завершения операции ввода-вывода.

Рис. 6. Организация выполнения операций ввода-вывода.

### 6. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЦП И КАНАЛАМИ

ЦП управляет работой канала с помощью команд ввода-вывода. Взаимодействие между ЦП и каналами обеспечивается с помощью следующих команд ввода-вывода:  
 НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД, ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД, ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД, ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ.

По сравнению с каналами ввода-вывода ЭВМ ЕС-1060 первой очереди в канале ЕС-4001 дополнительно реализованы 4 новые команды ввода-вывода:  
 НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ, ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД, ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО, ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА.

Введение дополнительных команд расширяет возможности канала. Команды ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ и ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА адресуют только канал, а не устройство. В остальных командах указывается адрес канала и адрес устройства в этом канале. Чтобы обеспечить управление операциями ввода-вывода средствами программ СУД, команды ввода-вывода отнесены к особому классу так называемых привилегированных команд, т.е. таких команд, которые выполняются лишь тогда, когда процессор находится в состоянии "супервизор".

Связь процессора с каналом осуществляется в начале операции с целью выдачи исходных данных для ее организации и в конце операции для получения информации о характере ее выполнения, а иногда и во время операции - для получения текущей информации или прекращения выполнения операции.

Временная диаграмма последовательности выполнения процедуры ввода-вывода представлена на рис. 7 (цифра в скобках обозначает номер процедуры на временной диаграмме этого рисунка).

#### 6.1. Запуск операций ввода-вывода

6.1.1. Организация взаимодействия центральной части вычислительной системы и системы ввода-вывода возложена на операционную систему, в частности на управляющую программу-супервизор ввода-вывода. По запросу из прикладной программы супервизор пересылает в постоянно распределенную область памяти, называемую адресным словом канала (байты 72-75), адрес первого УСК программы. Затем программа супервизор выполняет в процессоре команду ввода-вывода.

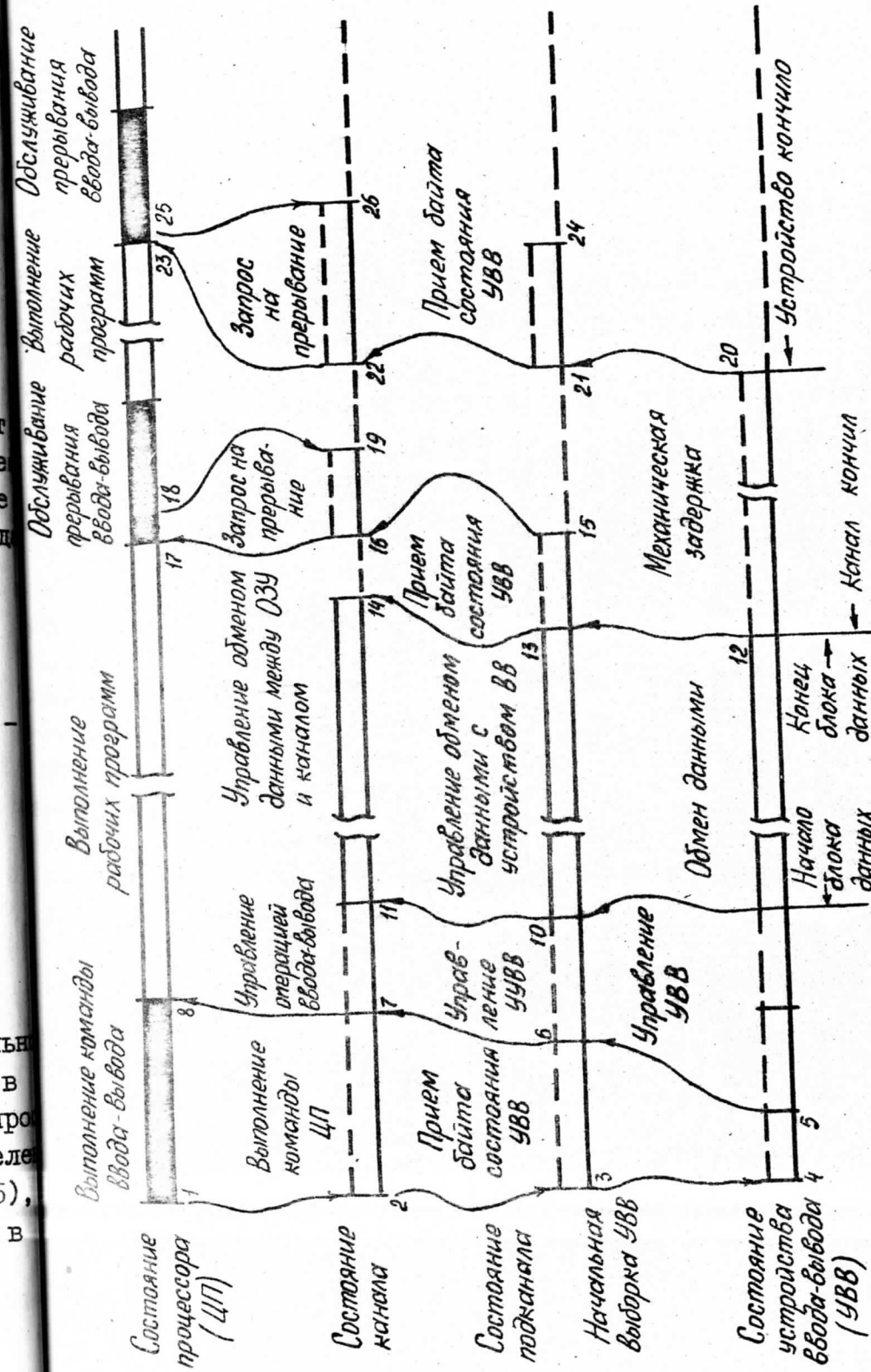
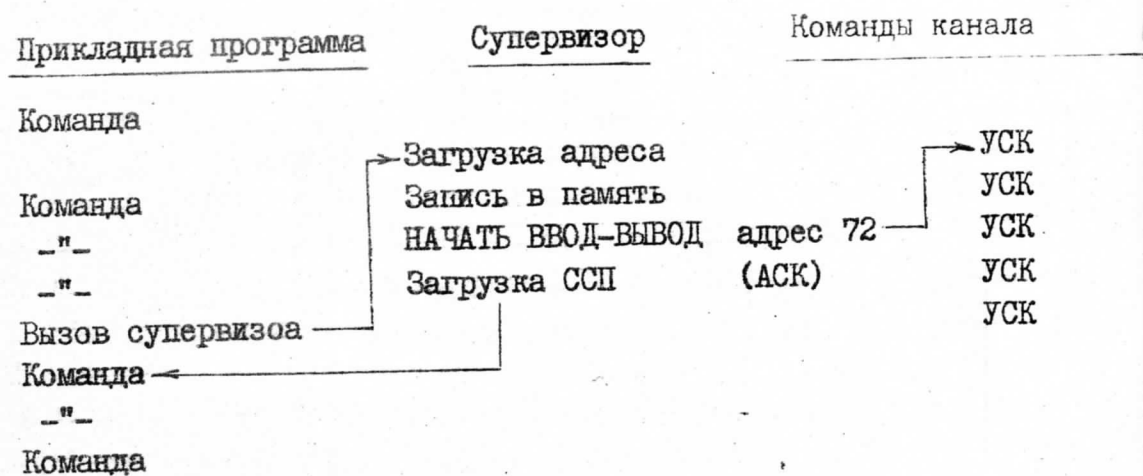


Рис. 7. Последовательность выполнения операции ввода-вывода.



Команды "загрузка адреса" и "запись в память" вызывают формирование АСК в ячейке 72.

Команда НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД обращается в ячейку 72 для того, чтобы от АСК получить адрес первого УСК.

6.1.2. Программа процессора начинает операции ввода-вывода командой НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД (I) или НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ. Эти команды указывают канал и устройство (2) и заставляют канал выбрать адресное слово канала АСК из постоянно распределенной области памяти, а также заставляют канал установить логическую связь с заданным устройством. Адресное слово канала содержит ключ защиты и указывает ячейку основной памяти, из которой канал затем выбирает первую команду канала УСК. Команда канала определяет операцию, которую требуется выполнить, если нужно - область основной памяти, которую предстоит использовать.

После выборки адресного слова канала канал может завершить выполнение команды НВВБО. Результат выполнения команды указывается установкой признака результата в слове состояния программы ССП и в некоторых случаях записью соответствующей информации в слово состояния канала.

При выполнении процессором команды НВВ или НВВБО вырабатывается признак результата, который анализируется командами супервизора, следующими за данной командой. Признак результата, в частности, может указывать, что канал выключен или занят выполнением операции ввода-вывода (при работе в монопольном режиме). В этом случае управление передается в соответствующие подпрограммы супервизора операционной системы. При нормальном выполнении команды НВВ и запуске операции ввода-вывода признак результата устанавливается равным нулю.

Если канал не работает в монопольном режиме и если подканал, связанный с адресуемым УВВ, свободен, канал параллельно с выборкой адресного слова и команды канала пытается выбрать указанное УВВ, высылая адрес этого устройства всем подсоединенным к интерфейсу данного

канала устройствам управления (3). Все устройства анализируют этот адрес, но только устройство, опознавшее адрес, логически подключается к каналу и информирует канал об этом ответной посылкой своего адреса (4). Затем канал посылает через интерфейс код команды канала, а устройство отвечает байтом состояния (5), показывающим, может ли оно выполнить указанную команду. Канал анализирует принятый байт состояния (6), формирует соответствующий признак результата и высылает его в процессор (7). Результат выполнения команды указывается установкой признака результата в слове состояния программы ССП и в некоторых случаях записью соответствующей информации в слово состояния канала. Процессор, выполнив команду НВВ или НВВБО (8) и проанализировав ее признак результата, переходит к выполнению следующих команд, которые могут быть либо командами супервизора, либо командами обрабатываемой программы, управление которой передается супервизором после запуска операций ввода-вывода.

6.1.3. Если в устройстве ввода-вывода начата операция, включающая передачу данных (9), то подканал переходит на обслуживание запросов от этого устройства и берет на себя дальнейшее управление операцией (10).

Если выполняется операция, не требующая передачи данных (немедленная операция), устройство управления сигнализирует об окончании операции сразу же после получения кода команды.

Во время выполнения операции ввода канал принимает данные из устройства, собирает, когда это необходимо, 8-битовые байты в группы байтов, равные физическому слову основной памяти, и передает эти слова в заданную область памяти.

Во время выполнения операции вывода выполняется обратный процесс, во время которого канал выбирает полные слова из основной памяти, разделяет слова на байты и посылает 8-битовые байты в УВВ. Обмен данными с основной памятью и выполнение программы канала не влияют на последовательность команд, выполняемых в ЦП. Программа ЦП не выполняет никаких действий, связанных с обращением канала к основной памяти, и единственное ощущаемое ею влияние работы канала связано с задержкой, возникающей при обращении к памяти и вызванной вмешательством канала.

Если в УСК задан признак цепочки данных или цепочки команд, то после завершения указанной в нем операции выбирается следующее УСК программы канала и начинается ее выполнение.

6.1.4. Однако программа ЦП все же сохраняет управление программой канала. Когда работа ввода-вывода должна быть перепланирована

с учетом условий, возникших после того, как программа канала была за-  
щена, ЦП может выдать команду ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД. Эта команда не-  
медленно прекращает выполнение ранее начатой операции ввода-вывода.  
Операция ввода-вывода может быть также прекращена при возникновении  
ошибок в аппаратуре канала или устройстве ввода-вывода или из-за  
исключительных ситуаций в устройстве ввода-вывода (например, конец  
колоды перфокарт в устройстве ввода- и др.).

Процессор может по командам ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ и ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД  
соответственно проверить состояние канала и состояние всей системы  
ввода-вывода, включающей канал и адресованное устройство ввода-вывода.

6.1.5. После того как определена необходимость окончания опера-  
ции ввода-вывода (по окончании передачи данных каналом или по инициативе  
УВВ) канал и УВВ вырабатывают байты состояния. Эти байты состояния  
могут быть восприняты программой при прерывании ввода-вывода, по  
командам ПВВ и ОСВВ и в некоторых случаях по команде НВВ и НВВВО. О  
прекращении операции ввода-вывода свидетельствуют сигналы КАНАЛ  
КОНЧИЛ (12) и УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО. Сигнал КАНАЛ КОНЧИЛ означает, что  
устройство ввода-вывода получило или выдало всю информацию по данной  
операции и более не нуждается в использовании средств канала (12).  
Сигнал УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО указывает, что устройство ввода-вывода  
закончило выполнение операции (20).

Когда программа канала заканчивается, канал формирует сигнал  
прерывания (16) программы ЦП и представляет процессору слово состоя-  
ния канала (17). Это слово, кроме всей информации, относящейся к выпол-  
няемой операции ввода-вывода, содержит состояние, полученное из устрой-  
ства, и состояние канала; при этом эти состояния описывают условия,  
возникшие при окончании выполнения команды канала. Байты состояния,  
а также адрес УСК и счет данных, указывающие степень выполнения опе-  
рации, становятся доступными программе в виде слова состояния канала.

Сигнал УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО может быть обусловлен механическими  
задержками, связанными с окончанием операции. Он может вызывать в ка-  
честве повторный запрос на прерывание (22) и требовать обслуживания со сто-  
роны процессора.

Канал информирует процессор о завершении работы с УВВ для того,  
чтобы процессор мог продолжить свою работу, используя всю ту инфор-  
мацию, которую он получил в результате выполнения операции ввода-  
вывода, и мог сразу же загрузить данное УВВ следующей операцией  
ввода-вывода (при наличии очереди обращений к этому УВВ).

## 6.2. Прерывание от ввода-вывода

### 6.2.1. При завершении операции ввода-вывода каналы выставляют

процессору сигналы запроса на прерывание и управление передается под-  
программе супервизора обработки прерываний ввода-вывода. При этом  
по определенному адресу ОП (64) в постоянно распределенной области  
памяти аппаратно записывается информация о результатах выполнения  
операции ввода-вывода в виде так называемого слова состояния канала  
ССК. Формирование каналом ССК позволяет супервизору операционной  
системы проанализировать завершение операции ввода-вывода, организо-  
вать выполнение процедур коррекции ошибок, передать прикладной прог-  
рамме, выдавшей запрос на ввод-вывод, информацию о результатах завер-  
шения этого ввода-вывода и выполнить ряд других действий.

6.2.2. Устройство пытается выдать запрос на прерывание в канал  
всякий раз, когда оно обнаруживает одну из следующих ситуаций:

- КОНЕЦ РАБОТЫ КАНАЛА;
- КОНЕЦ РАБОТЫ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ;
- КОНЕЦ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА;
- ВНИМАНИЕ

Если канал обнаруживает одну из следующих ситуаций, он формирует  
запрос на прерывание без связи с УВВ или получения байта состояния от  
УВВ:

флажок ПУП в УСК

выполнение команды ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД или ОСТАНОВИТЬ  
УСТРОЙСТВО в селекторном канале;

прерывание КАНАЛ ДОСТУПЕН (КД);

программные ошибки, связанные с УСК или первым АСД, после выпол-  
нения функции НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ.

Сигналы прерывания от канала, за исключением сигнала КД, могут  
сопровождаться другими индикациями состояния канала, но не состояния  
устройства.

Сигнал прерывания КАНАЛ ДОСТУПЕН (КД) выдается во всех блок-мульт-  
иплексных каналах и приводит к записи полного ССК. Все поля ССК  
установлены в 0. Адрес ввода-вывода записывается в старое ССП в режиме  
ВС и в область связи ввода-вывода в режиме ЕС. Адрес ввода-вывода  
состоит из нулевого адреса устройства и адреса канала, выполняющих  
прерывание.

Через прерывание КД программе сообщается, что ранее занятый канал  
освободился.

Канал вырабатывает сигнал КД только в том случае, если он ранее  
отвечал признаком результата 2 на команду, отличающуюся от команды  
ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД или ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО, и если это состояние

занятости больше не существует. Если состояние ЗАНЯТО, которое привело к установке признака результата 2, обусловлено тем, что подканал занят работой с неадресуемым устройством, то после освобождения канала сигнал КД не формируется. Так как все остальные сигналы прерывания (за исключением ПУП) выполняют ту же функцию, что и КД, то необработанный сигнал КД сбрасывается, если в этом канале формируется другой сигнал прерывания, отличный от ПУП.

### 6.3. Обработка прерываний ввода-вывода

6.3.1. Устанавливая маску, запрещающую прерывания ввода-вывода, программа получает возможность управлять приоритетом прерываний ввода-вывода выборочно от каналов. За каждым каналом закреплен разряд маски. Маски каналов дают возможность запрещать все прерывания от ввода-вывода в момент их появления. Сигналы, являющиеся причиной запроса на прерывание, сохраняются в УВВ или каналах до тех пор, пока не будут приняты процессором. Команда ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ программы проверяет хранит ли канал сигналы прерывания.

Следовательно, ЭВМ обладает средствами, позволяющими избирательно принимать прерывания ввода-вывода от каждого канала. Однако в каждом канале хранить сигналы прерывания могут более чем одно устройство. Приоритет устройств, подключенных к каналу, является фиксированным.

Команда ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД позволяет программе принимать сигналы прерываний выборочно от УВВ. Эта команда ввода-вывода используется для проверки состояния адресуемого канала, подканала и УВВ, а также для сброса сигнала прерывания в канале и бита состояния в УВВ при запрещенных прерываниях ввода-вывода. При выполнении команды ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД выдается то же состояние, что и при непосредственной выдаче сигнала прерывания ввода-вывода.

6.3.2. Следовательно, условия, характеризующие завершение операций ввода-вывода, могут быть учтены программой либо, если процессор замаскирован от прерываний ввода-вывода от данного канала, программным опросом устройств, либо с помощью прерываний ввода-вывода от данного канала. В последнем случае центральный процессор откликается на события в системе ввода-вывода по мере того, как они возникают, а каналы маскируются только на небольшое время, чтобы обеспечить возможность обработки одновременно возникающих сигналов прерывания в некоторой последовательности. Подобный способ работы чаще используется при работе в режиме реального времени при решении таких, например, задач, как управление процессами или передача данных по линиям связи. С другой стороны, режим работы, при котором все каналы обычно замаскированы и устройства опрашиваются с помощью команд ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД,

дает возможность программе избежать помех, связанных с условиями, которые не относятся к решаемой задаче.



## 7. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ВВОДА-ВЫВОДА

Данный раздел содержит описание действий, которые выполняются управляющей программой и аппаратурой, когда от прикладной программы поступает требование выполнения операции ввода-вывода.

В системе управления данными (СУД), входящей в состав операционной системы, основным является отделение физической структуры данных от логической и использование нескольких уровней управления. На верхних уровнях программист максимально освобожден от необходимости вникать в детали управления вводом-выводом. В то же время на нижних уровнях он может наиболее эффективно для своего конкретного случая использовать машинные средства с помощью собственных программ управления и обработки данных.

Система управления данными (СУД) предусматривает описание операций ввода-вывода в прикладной программе на двух уровнях: на логическом уровне в рамках языка Ассемблера и физическом уровне, т.е. на уровне, близком к уровню машинного языка. Программирование ввода-вывода на логическом уровне СУД упрощает в прикладной программе организацию обращения к массивам данных на внешних носителях. Как правило, отдельный оператор СУД организует не отдельную операцию ввода-вывода, а процедуру, содержащую такое количество операций ввода-вывода, какое требуется для перемещения заданного с помощью параметров блока данных, включая все необходимые для этого операции управления. Применение логического уровня СУД почти полностью освобождает программиста от изучения физических свойств и структуры аппаратуры ввода-вывода, так как СУД оперирует такими логическими понятиями, как запись, блок, файл, и т.д. Описание отдельных операций ввода-вывода и организация управляющей информации осуществляются программами СУД.

Программирование ввода-вывода на физическом уровне производится с помощью макрокоманд супервизора и программист сам описывает требуемую операцию ввода-вывода и составляет соответствующую программу канала. Любая процедура логического уровня СУД сводится в конечном счете к макрокомандам супервизора. Макрокоманда супервизора в отличие от оператора СУД описывает, как правило, одну отдельную операцию ввода-вывода или операцию управления устройством, за исключением некоторых случаев, когда макрокоманда запускает цепочку команд канала. Поэтому программирование на физическом уровне тре-

буется от программиста детального знания особенностей работы УВВ (системы команд, структуры байтов состояния и байтов уточненного состояния, особенностей обработки сбойных ситуаций, возникающих при выполнении операций ввода-вывода и т.д.)

Итак, при рассмотрении операции ввода-вывода следует выделить два момента: описание операции в программе и организацию выполнения операции на основании этого описания.

Операционная система обеспечивает выполнение операций ввода-вывода для различных устройств и типов организации данных. Ввод-вывод выполняется набором системных программ методов доступа и супервизора ввода-вывода.

Заметим, что все программы пользователя (прикладные программы) и программы методов доступа, выполняются в заданном состоянии. Поэтому для выполнения операции ввода-вывода необходимо посредничество супервизора. Выполняя функции "посредника" супервизор получает управление по запросам от программ на выполнение операции ввода-вывода и прерываниям ввода-вывода по окончании операции. Супервизор ввода-вывода организует запуск операции ввода-вывода и обрабатывает прерывания, возникающие при их завершении.

Супервизор централизует в себе функции по управлению оборудованием ЭВМ. Централизованное обслуживание запросов на выполнение операций ввода или вывода не только создает предпосылки для организации мультипрограммных режимов работы, но и упорядочивает использование каналов и устройств ввода-вывода. Это означает, что прикладные программы могут использовать только те области памяти, которые выделены супервизором, и могут обращаться только к тем устройствам и только в такие моменты времени, которые назначены супервизором. При этом важно не только обеспечить централизованное обслуживание запросов на ввод или вывод, но и сделать невозможным выполнение операций в задачах пользователя вне рамок централизованного обслуживания. С этой целью команды ввода-вывода отнесены к классу привилегированных команд, которые выполняются только в состоянии "супервизор". Попытка выполнить привилегированную команду в состоянии "задача", в котором выполняются задачи, образованные программами пользователей, вызывает программное прерывание, т.е. выполнение этой команды блокируется машиной, а выполнение программы прекращается.

### 7.1. Физический уровень программирования ввода-вывода

При использовании физического уровня выполнения операций ввода-вывода программист должен сам построить программу канала, а также управляющие блоки, используемые операционной системой для управления выполнением операций ввода-вывода (рис.8).

Управляющие блоки содержат следующую информацию: адрес программы канала, адрес блока управления данными, области сохранения байт, уточненного состояния и состояния канала, информация о результатах завершения операции и т.д.

После того как построены программа канала и управляющие блоки программист запускает процесс ввода-вывода, используя макрокоманду EXCP (выполнить программу канала). В качестве параметра этой макрокоманды указывается адрес управляющего блока. Управляющий блок забирает программу, которая должна выполняться каналом. При выполнении данной макрокоманды не происходит непосредственного запуска операции ввода-вывода, а лишь формируется запрос на выполнение операции. Запрос осуществляется путем выполнения команды обращения к супервизору SVC (обращение к супервизору), которая вызывает прерывания. Эта команда входит в макроопределение, соответствующее макрокоманде EXCP.

В результате обработки прерывания управление передается супервизору ввода-вывода, который с помощью управляющего блока определяет канал и конкретное устройство, на которое поступил запрос. Если в данный момент это устройство занято выполнением ранее запущенной операции, то супервизор новый запрос помещает в очередь запросов соответствующему каналу и устройству.

Введение таких очередей запросов (запуск очередной операции мена после завершения предыдущей | удаление выполненного запроса и очереди) является одной из основных функций супервизора.

Когда каналы устройств готовы выполнить запрос на операцию ввода-вывода, супервизор ввода-вывода запускает эту операцию путем выполнения команды НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД (НВВ) с указанием адресов канала и устройства.

Устройство начинает работать по программе канала, подготовленной программистом. После отключения процессора от канала работа по запуску завершается независимо от того, была ли операция запущена или поставлена в очередь, и супервизор передает управление прикладной программе на выполнение команд, следующих по порядку за макрокомандой EXCP. Процессор продолжает выполнение основной программы пользователя, выдавшей запрос, а канал самостоятельно обеспечивает

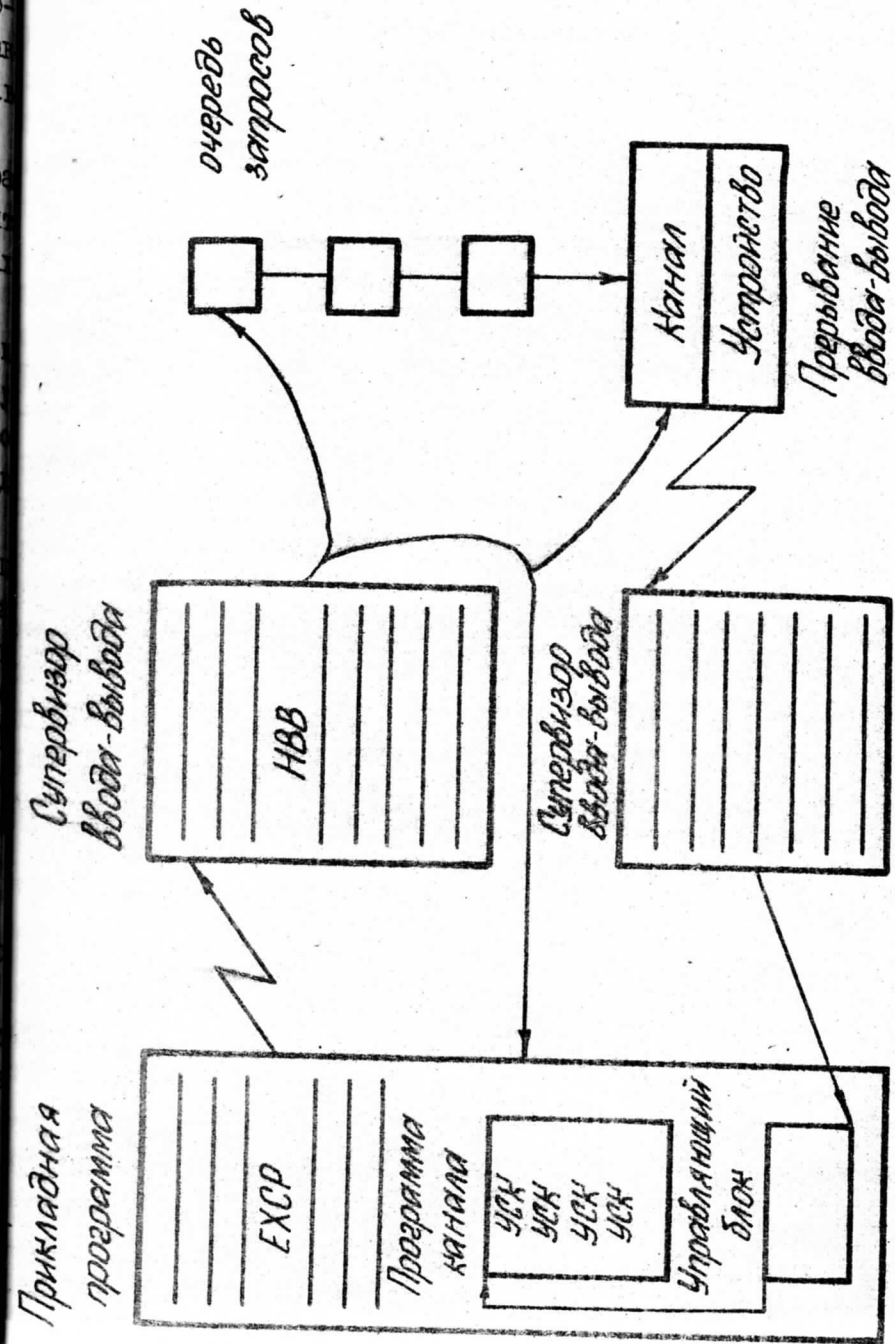


Рис. 8. Физический уровень программирования.  
Метод доступа EXCP.

обмен данными между буфером и устройством ввода-вывода. Если выполнение прикладной программы не может быть продолжено до завершения операции ввода-вывода, программист должен отдельно сообщить об этом супервизору, выдав макрокоманду для организации ожидания.

По окончании операции канал вырабатывает сигнал прерывания, который вызывает передачу управления процессором из основной программы в программу супервизора ввода-вывода.

Прерывание ввода-вывода индицирует нормальное завершение операции ввода-вывода или ошибку, возникшую в процессе операции. Супервизор ввода-вывода обрабатывает прерывания и планирует выполнение программ коррекции ошибок, если это необходимо. После того как программа канала завершит свое выполнение, супервизор отмечает завершение в управляющем блоке и помещает в него информацию о результатах завершения операции.

## 7.2. Логический уровень программирования ввода-вывода

7.2.1. Средства логического уровня управления данными обеспечивают по сравнению с физическим более высокую степень автоматизации программирования процедур ввода-вывода и в то же время предоставляют достаточно обширные и разнообразные возможности по рациональному размещению информации на внешних носителях и эффективные методы доступа к этой информации. Эти средства используются широко кругом прикладных программистов, занимающихся решением конкретных (прикладных) задач обработки данных на ЕС ЭВМ.

7.2.2. В операционных системах функции управления данными выполняет система управления данными (СУД). Основным объектом внимания СУД является один или несколько массивов данных, называемых в операционных системах файлами.

Файл представляет собой некоторую совокупность однородной логически связанной информации, размещенной на внешнем носителе информации и имеющей определенное функциональное назначение. Файл имеет определенную организацию, определенный объем (информационный) и занимает полностью или частично один или несколько внешних носителей информации. Например, на магнитной ленте может быть размещен файл данных, содержащий следующие сведения о сотрудниках предприятия: фамилия, имя, отчество; табельный номер; название и код подразделения; возраст; семейное положение; стаж работы на предприятии и т.д. Данный файл используется для решения учетных кадровых задач. Информационная емкость файла определяется количеством сотрудников предприятия и объемом информации об отдельном сотруднике. Если эти величины равны соответственно 2000 и 140 байт, то информационный объем

файла составит 280 000 байт.

Хранящаяся в файле информация делится на логические записи. Логическая запись является основной единицей информации с точки зрения организации взаимодействия между прикладными программами и СУД. Последняя обрабатывая запросы на ввод-вывод, выдаваемые прикладными программами, передает им на обработку или принимает от них для вывода на внешний носитель информации определенную логическую запись. Выделение полей из логической записи осуществляется уже самими прикладными программами. В приведенном выше примере файла в одну логическую запись может помещаться информация об отдельном сотруднике предприятия.

Количество информации, передаваемое между УВВ и основной памятью за одну операцию ввода-вывода называется блоком. Блок состоит из группы последовательных записей, объединенных для обмена с устройством. Блок представляет собой физическую единицу информации. Объединения записей в блоки (блокирование) экономит использование поверхности на внешнем носителе и уменьшает общее число операций ввода-вывода. Если при выводе на внешний носитель записи были объединены в блоки, то при вводе в основную память должен быть произведен обратный процесс — деблокирование, заключающийся в выделении и передаче на обработку записей из введенного блока.

Примерами блока данных могут служить: перфокарта, строка текста на АЦПУ, информация, расположенная между двумя промежутками на магнитном диске или магнитной ленте.

7.2.3. Организация данных на внешнем носителе определяется способами хранения, извлечения и идентификации информации. Эти способы тесно связаны между собой. В частности физическое размещение записей файла на внешнем носителе определяет процедуру поиска требуемой записи, а также вид информации, которая должна задаваться прикладными программами в запросах на ввод-вывод данных.

СУД операционных систем ЕС ЭВМ обеспечивают возможность создания и обслуживания файлов с различной организацией данных: последовательной, прямой, индексно-последовательной и библиотечной. Файлы с последовательной организацией могут создаваться на всех основных типах внешних носителей (перфокартах, перфоленте, печатном документе, магнитных лентах и магнитных дисках). Остальные три типа организации данных связаны с реализацией прямого доступа к информации и соответствующие файлы могут создаваться только на внешних носителях, используемых в запоминающих устройствах прямого доступа (ЗУПД), — пакетах магнитных дисков. Отметим, что в отличие от устройств последователь-

ного доступа (таких, как НМД) время обращения к записям в НМД не висит (или почти не зависит) от их местоположения, что и объясняет использование термина "запоминающее устройство прямого доступа" (ЗУПД) применительно к НМД.

Организация данных на внешнем носителе определяет способ обращения к записям файлов: обращение к следующей записи файла, обращение по указанному адресу, по ключу, обращение к указанному разделу файла.

При последовательной организации данных логические записи записываются и отыскиваются в физической, а не логической последовательности. Логические записи файла выводятся на внешний носитель размещаются на нем в той последовательности, в какой они должны в дальнейшем вводиться в ОП и обрабатываться. При этом не используется никакая-либо взаимосвязь между идентификатором логической записи (каждом информационном объекте) и ее местоположением на носителе, а программы, выдавая запрос на ввод-вывод, не указывают, ка именно запись должна быть введена либо на какое место на внешнем носителе должна быть помещена очередная выводимая запись.

При каждом обращении к файлу предполагается, что должна быть введена следующая запись, расположенная на внешнем носителе вслед за ранее введенной, либо очередная выводимая запись должна быть помещена на внешний носитель на следующее свободное место вслед за ранее выведенной.

Прямая организация позволяет записям располагаться в файле произвольным способом. Поиск записи в таком наборе данных осуществляется по заданному адресу (абсолютному или относительному). Одна из разновидностей этого метода обращения к файлам позволяет определять логическую запись путем указания ее положения внутри файла т.е. номера логической записи.

Индексно-последовательная организация обеспечивает последовательную и произвольную выборку отдельных записей данных. Записи в файле при его создании упорядочиваются по возрастанию значений по ключа. Каждый раз, когда заполняется дорожка, наибольший ключ на дорожке запоминается в индексе дорожек. Когда заполнены все дорожки цилиндра, наибольший ключ цилиндра запоминается в индексе цилиндров.

Для выборки записи необходимо указать ее ключ. Просмотрев индекс цилиндров, управление данными определит цилиндр, на котором

положена дорожка с требуемой записью. Просмотрев индекс дорожки, управление данными определит нужную дорожку, на которой и ищется запись с указанным ключом.

Файл с библиотечной организацией состоит из отдельных групп последовательно организованных данных. Каждая такая группа включает одну или несколько логических записей и называется разделом. Каждому разделу присваивается символическое имя, которое вместе с адресом первой записи раздела помещается в специальную таблицу.

Поиск раздела выполняется по его имени с помощью таблицы. С помощью таблицы определяется связанный с данным именем адрес первой записи раздела. Записи, относящиеся к одному разделу, организованы последовательно и выбираются из файла в порядке их физического размещения на носителе. Таким образом, для файлов с библиотечной организацией СУД реализуют прямое обращение к требуемому разделу и последовательное обращение к отдельным записям этого раздела.

Перечисленные выше типы организации данных обладают определенными достоинствами и ограничениями, имеют свои области применения. Последовательная организация особенно целесообразна для наборов данных с длинными блоками, выборка которых производится последовательно. Индексно-последовательная организация допускает включение и исключение записей без перезаписи всего набора данных. Прямая организация подходит для применений, в которых выборка информации производится в произвольном порядке и известно физическое расположение записей.

Характерным примером использования файла с библиотечной организацией является библиотека программ. В этом случае каждый раздел представляет собой отдельную программу или подпрограмму, а имя раздела указывается при вызове данной программы в ОП.

7.2.4. В распоряжении пользователя обычно имеется комплекс программных средств, обеспечивающий конкретный метод доступа к данным, образующим файл. Под методом доступа в операционных системах ЕС ЭВМ понимается совокупность организации данных на внешнем носителе и способа буферизации данных и синхронизации их ввода-вывода с обработкой.

По способу буферизации данных и синхронизации ввода-вывода с обработкой все используемые методы доступа можно разделить на две категории: методы доступа с очередями и базисные методы доступа.

Итак, в состав операционной системы включены методы доступа, которые предназначены для управления выполнением операций ввода-вывода,

запрашиваемых прикладными программами. Такие запросы производятся с помощью макрокоманд управления данными. На программиста возлагается решение таких вопросов, как выбор типа организации данных, формата записей, метода доступа и самих наборов данных, подлежащих обработке. О произведенном выборе программист должен сообщить системе с помощью макрокоманды ДСВ.

На основании информации, заданной в макрокоманде ДСВ операционная система строит блок управления данными (БУД). БУД — это блок основной памяти в области пользователя, который является средством взаимодействия между прикладной программой и программами управления данными.

БУД содержит всю информацию о файле, необходимую для метода доступа.

7.2.5. При последовательном вводе файла операционная система заранее знает, какой блок данных потребуется следующей — тот, который непосредственно идет за последним введенным блоком данных. Создается возможность осуществлять опережающий ввод данных до выдачи запроса. Для ускорения ввода-вывода операционная система может заранее прочитать один или несколько блоков данных с таким расчетом, чтобы при исполнении программой макрокоманды GET (получить запись) очередная запись уже находилась в основной памяти и на ее ожидание не тратилось время. Этот способ, называемый доступом с очередями или предварительной буферизацией представлен на рис. 9. Для того, чтобы обеспечить такой режим ввода данных, программы методов доступа должны обеспечить автоматическое запоминание буферов до того, как они потребуются программе. Буфером называется область основной памяти, предназначенная для хранения данных после ввода-и перед выводом. Размер буфера определяется таким образом, чтобы в нем поместился один блок данных; этот блок может состоять из одной или более записей.

Операционная система при вводе данных использует несколько буферов: в то время как данные из одного буфера обрабатываются, в другие буфера вводятся следующие блоки. Таким образом совмещается выполнение операции ввода-вывода с выполнением обычных команд программы для обработки данных.

Метод доступа с очередями применяется к последовательной и индексно-последовательной организации файла. Файл с библиотечной организацией и файл с прямой организацией не допускает применения очередей. Некоторые методы доступа системы управления данными ЕС ЭВМ указаны в таблице 3.

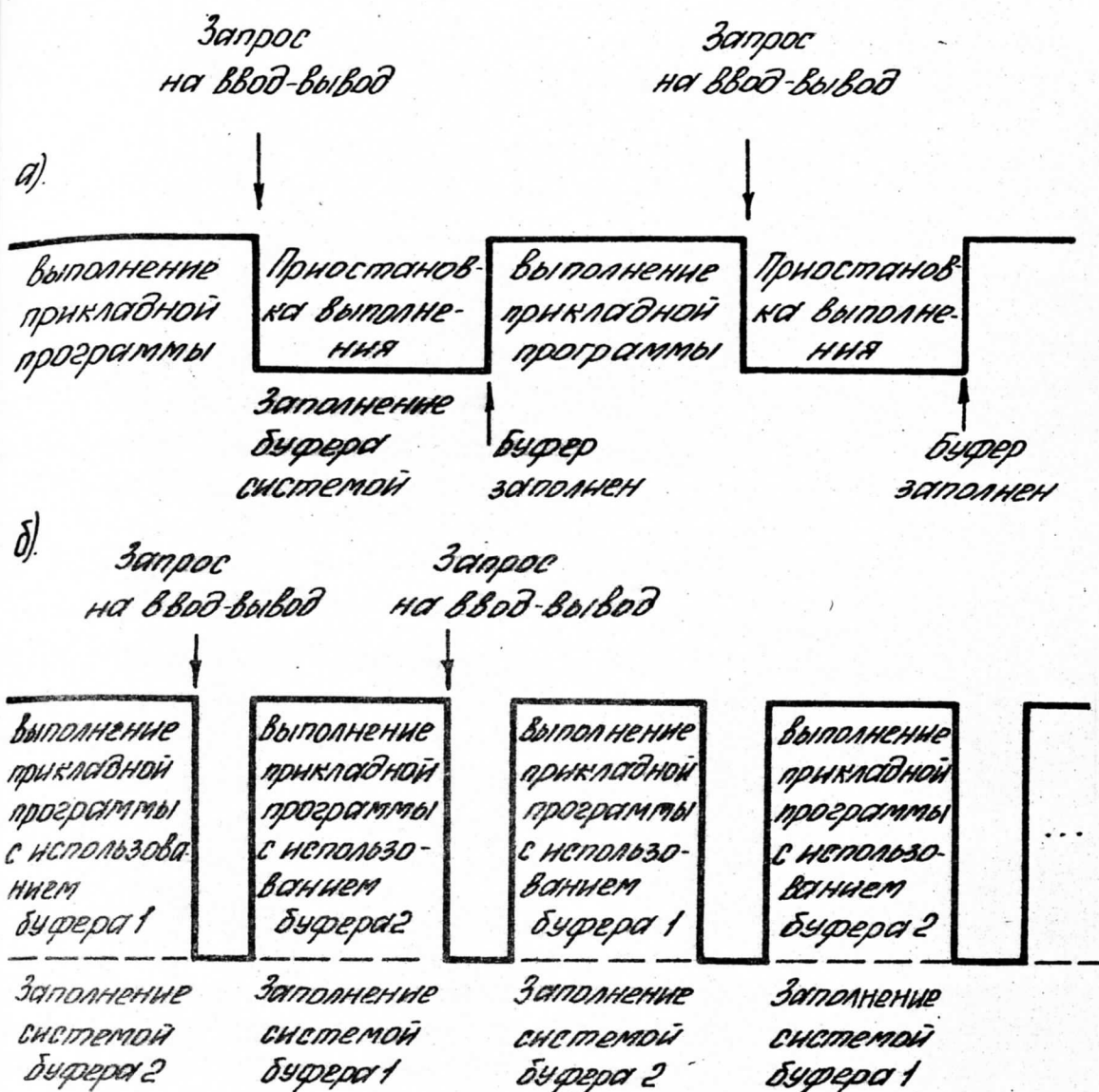


Рис. 9. а) Простая буферизация задерживает выполнение программы до заполнения буфера.  
б) Применение нескольких буферов обеспечивает совмещение выполнения программы и передачи данных.

Таблица 3  
МЕТОДЫ ДОСТУПА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

| Организация наборов данных |      | Методы доступа  |              |
|----------------------------|------|-----------------|--------------|
|                            |      | с очередями (A) | базисный (B) |
| Последовательная           | (S)  | BSAM            | BSAM         |
| Прямая                     | (D)  | нет             | BDAM         |
| Индексно-последовательная  | (IS) | QISAM           | BISAM        |
| Библиотечная               | (P)  | нет             | BRAM         |

Выполнение каждого из указанных методов доступа осуществляется программами метода доступа. Доступ с очередями выполняется при помощи макрокоманды

**GET** *dc* в - имя, буфер

где *dc* в - имя - имя БУД, а буфер - адрес основной памяти, по которой должна быть помещена логическая запись. При помощи имени БУД программа может обратиться к методу доступа. В БУД содержится указатель для метода доступа. Макрокоманда управления данными преобразуется в последовательность команд, которые передают управление от программы методу доступа. Если блок данных уже был введен, в область обработки помещается копия логической записи этого блока. Если блок данных еще не введен, программе придется ждать окончания его ввода.

Чем большее количество блоков данных предварительно считывает операционная система, тем меньше вероятность того, что программе придется ждать окончания ее ввода. Чем большее количество блоков предварительно считывает операционная система, тем меньше вероятность того, что программе придется ожидать завершения макрокоманды **GET**. Конечно, если операционная система заранее вводит 10 блоков данных, то требующийся объем памяти будет значительно больше, чем в случае, когда она старалась держаться на один блок впереди программы. Посредством одного из указателей БУД программист задает число опережающих блоков.

Для доступа с очередями характерно, что в момент выдачи прикладной программой запроса на получение логической записи в ОП уже находится один или несколько (в зависимости от числа используемых областей ввода-вывода) блоков данных, так что операции ввода данных не задерживают их обработки. Можно сказать, что при использовании

методов доступа с очередями в ОП формируется очередь данных на обработку. Прикладные программы выбирают информацию из этой очереди, выдавая соответствующие запросы, а программы управления данными выполняют эту очередь, вводя в освобождающиеся области ввода новые блоки.

Аналогичным образом могут быть организованы очереди при выводе. Прикладные программы передавая программе управления данными очередные логические записи, создают тем самым очередь данных, предназначенных для записи на внешний носитель, причем реализация этой очереди, т.е. вывод из нее данных на внешний носитель, осуществляется по мере завершения формирования блоков в области вывода.

Если вывод осуществляется с применением очередей, программа управления данными организует заполнения следующего буфера (или буферов) как только будет заполнен предыдущий, не дожидаясь, пока будет завершена операция вывода для предыдущего буфера. Использование нескольких буферов также позволяет увеличить общую скорость вывода информации. При использовании базисного метода доступа (например, BSAM, табл. 3) программа должна ожидать окончания вывода данных из буфера, чтобы продолжить работу. Макрокоманда для вывода с очередями

**PUT** в - имя, буфер.

Рассматриваемые методы доступа с очередями позволяют программисту планировать обмен данными при обработке не на уровне физических блоков, а на уровне логических записей. Операционная система автоматически объединяет записи в блоки при вводе и выделяет записи из блоков при выводе. Таким образом, макрокоманды **GET** и **PUT** фактически не производят ввода и вывода данных, они лишь перемещают данные из буфера на обработку или из области обработки в буфер. Пользователь получает запись, которую он запрашивал, причем операция ввода-вывода в данном случае не выполнялась и запрос к вводу-выводу не выдавался.

Можно считать, что эти макрокоманды производят логические операции на уровне логических записей, в то время как физические операции ввода и вывода на уровне физических блоков выполняются операционной системой без участия программиста.

7.2.6. При базисном доступе в отличие от доступа с очередями операции ввода-вывода инициируются при каждом обращении прикладной программы к записям файлов. Запросы на ввод-вывод выдаются в прикладных программах с помощью макрокоманд **READ** (прочитать блок) и **WRITE** (записать блок). Эти команды являются мнемоническим обозначением для обращений к супервизору (**SVC**).

При выполнении макрокоманды **READ** осуществляется считывание с внешнего носителя блока данных и помещение его в указанную область ОП, а при выполнении макрокоманды **WRITE** — запись блока из указанной области на внешний носитель. Таким образом, заполнение и освобождение областей ввода-вывода производится каждый раз, когда выдается макрокоманда **READ** или **WRITE**, т.е. по инициативе прикладной программы.

Макрокоманды **READ** или **WRITE** только иницируют операции ввода-вывода, причем управление возвращается в прикладную программу (на команды, следующие за макрокомандами **READ** или **WRITE**), не дожидаясь завершения этих операций. В результате выполнения программы может совместиться с выполнением операции ввода или вывода.

Поскольку в результате выполнения макрокоманд **READ** или **WRITE** в ОП считываются или на внешний носитель записываются блоки данных, то выделение из этих блоков логических записей или их объединение в блоки должно осуществляться прикладной программой.

Базисные методы доступа могут использоваться для обращения к записям файлов с любым типом организации данных. Однако в основном эти методы предназначены для тех случаев, когда нельзя предсказать последовательность, в которой должны обрабатываться записи файлов, в частности для произвольной обработки файлов с прямой и индексно-последовательной организациями, размещаемых на магнитных дисках.

Базисные методы доступа обеспечивают более высокую гибкость в управлении вводом-выводом за счет возможности произвольного обращения к записям файлов с соответствующим типом организации данных, эффективного использования областей ввода-вывода и совмещение операций обмена данными с их обработкой. Последнее обстоятельство связано с тем, что предварительная буферизация данных организуется самой прикладной программой и, следовательно, может быть реализован любой, наиболее подходящий для данной задачи алгоритм управления использованием областей ввода-вывода. Вместе с тем, отметим, что базисные методы доступа обеспечивают более низкий уровень автоматизации программирования поскольку ряд процедур, связанных с управлением вводом-выводом, организуется самими прикладными программами.

7.2.7. Обработка ввода-вывода выполняется в два этапа:

- 1) выполняются программы в состоянии задачи (т.е. программы методов доступа), которые подготавливают управляющую информацию, требуемую супервизором ввода-вывода для начала операции ввода-вывода;
- 2) выполняются программы в состоянии супервизора (т.е. работа

супервизор ввода-вывода), которые запускают операции ввода-вывода и управляют ими.

При использовании базисных методов доступа и методов доступа с очередями программист освобождается от построения программы канала и управляющих блоков операционной системы. В программах пользователя для выполнения операций ввода-вывода записываются системные макрокоманды, представляющие собой запросы, которые затем обрабатываются специальными программами обработки системы управления данными. При использовании метода доступа пользователь должен задать блок управления данными (БУД), и он иницирует ввод или вывод с помощью макрокоманд **READ** и **WRITE** или **GET** и **PUT**. На рис. 10 показана программа пользователя в которой применена макрокоманда **READ**, которая является запросом к системе управления данными. По этому запросу управление передается специальной системной программе обработки запроса — методу доступа, которая выполняет целый ряд подготовительных функций для физического выполнения затребованной операции ввода-вывода. Для каждого файла, находящегося под управлением операционной системы, имеется только одна программа метода доступа. Метод доступа полностью управляет работой файла, вводя новую входную информацию в программу пользователя и записывая выходные результаты на носитель по мере появления в программе пользователя соответствующих макрокоманд ввода-вывода. Метод доступа подготавливает для супервизора ввода-вывода управляющие блоки, составляет программы канала, выделяет, если необходимо, буферную область памяти, в которую будут вводиться данные и т.д. После этого программы методов доступа используют макрокоманду **EXCP** для запуска процесса ввода-вывода. Дальнейшая организация выполнения операции ввода-вывода осуществляется так, как это описано в подразделе 7.1. Физический уровень программирования ввода-вывода. Таким образом, все логические уровни операций ввода-вывода строятся на базе физического уровня, использующего макрокоманду **EXCP**.

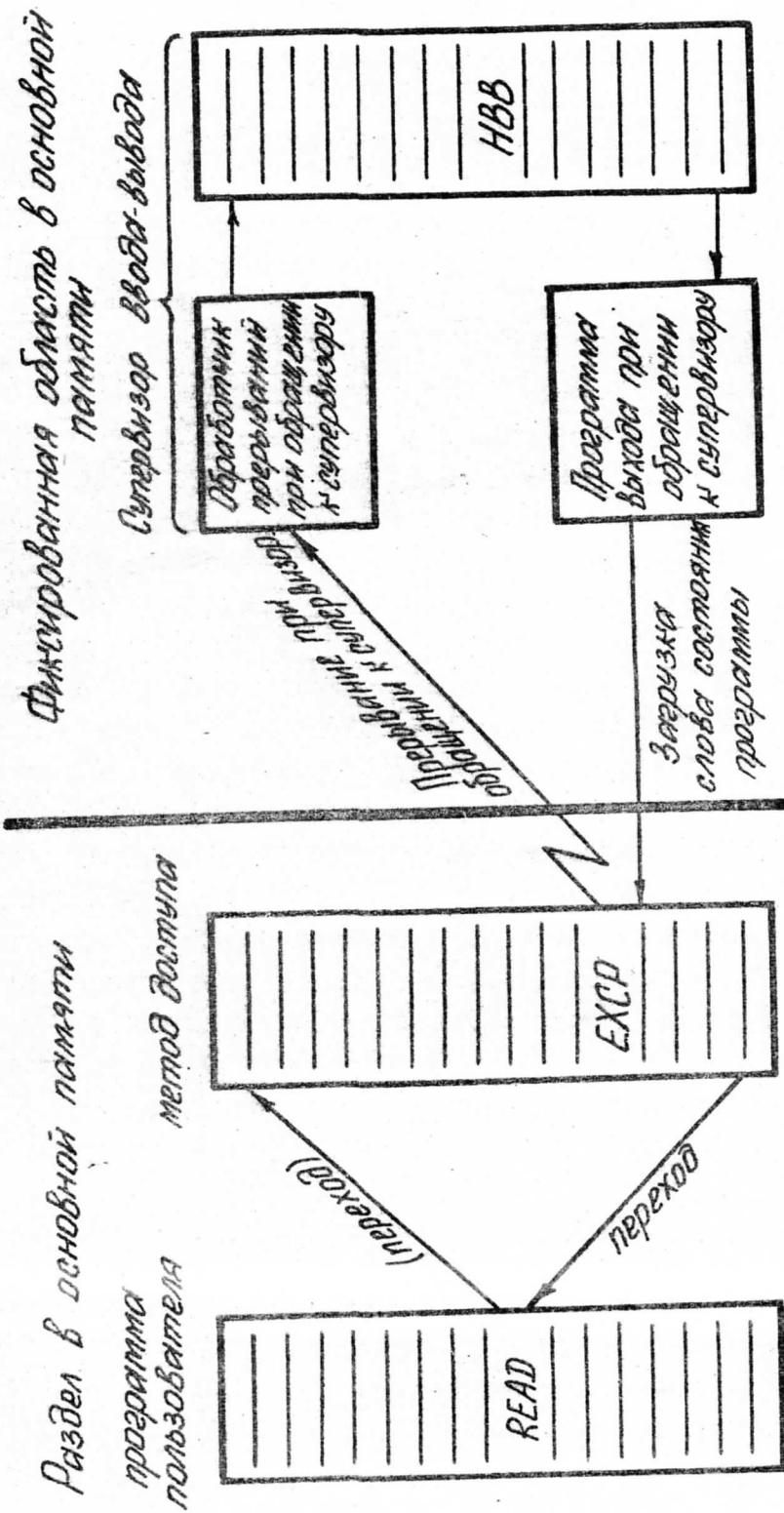


Рис. 10. Структура обработки запроса на ввод-вывод (READ и EXCP - макрокоманды): Программа запрашивает ввод или вывод данных посредством макрокоманды, например READ (читать), которая передает управление системной программе метод доступа.

## 8. ФИЗИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КАНАЛА

Для выполнения перечисленных логических функций необходимо, чтобы в состав канала входила память, а также аппаратура для арифметических и логических операций. Память канала используется для хранения счета байтов данных, адресов, состояния и другой управляющей информации, относящейся к данной операции ввода-вывода. Аппаратные средства должны выполнять подсчет количества передаваемых данных, модификацию адреса, преобразование формата передаваемых данных, а также управлять взаимодействием с устройствами ввода-вывода, основной памятью и процессором.

Для экономически целесообразного использования какого-либо УВВ, необходимо, чтобы затраты на оборудование канала некоторым образом соответствовали характеристикам быстродействия этого УВВ. Все УВВ, входящие в состав ЭВМ, можно условно разделить на три группы, отличающиеся по быстродействию: медленные, среднескоростные и быстродействующие; эти группы включают УВВ со скоростью передачи данных от 10 байт/с до 3 м байт/с. Для подключения столь различных УВВ к ЭВМ необходимо иметь несколько типов каналов, отличающихся способностью одновременно обслуживать несколько УВВ, скоростью передачи данных, уровнем разделения оборудования канала между подканалами, принципом организации обмена с памятью и т.д. С этих позиций можно выделить два типа каналов: блок-мультиплексный и байт-мультиплексный.

### 8.1. Канал мультиплексный универсальный

Канал ЕС 400I является автономным асинхронным процессором ввода-вывода, который подключается к центральному процессору ЭВМ.

В состав ЕС-400I входят:

1) три блок-мультиплексных канала (БММК), которые в зависимости от сигнала управления мультиплексированием могут работать как селекторные или как блок-мультиплексные. В режиме блокового мультиплексирования канал может выполнять одновременно несколько программ канала. Количество подканалов (активных) в одном блок-мультиплексном канале - 80.

Пропускная способность канала - до 3 М байт/сек.

2) один байт-мультиплексный канал (БМК) с четырьмя селекторными и одним мультиплексным подканалом. Количество подканалов в мультиплексном подканале - 192. Пропускная способность селекторного подканала 500 Кбайт/сек, байт-мультиплексного подканала - 100 К байт/сек. Общая пропускная способность байт-мультиплексного канала - 1,5 М байт/сек. Блок-мультиплексные каналы выполнены аппаратно, байт-мультиплексные -



с использованием микропрограммного управления. Ввод микропрограмм осуществляется с пульта накопителя на магнитной ленте ЕС-5009

Для обеспечения работы ЭВМ с виртуальной организацией оперативной памяти в канал введены средства косвенной адресации, которые позволяют одной команде ВВ управлять обменом данных с несмежными страницами основной памяти.

С целью повышения эффективности работы системы, в каналах предусмотрена возможность аппаратного повторения команды. Повторение команды - функция канала и устройства управления, позволяющая повторно выполнять команду без установки запроса на прерывание по вводу-выводу. Наличие в канале средств регистрации состояния канала позволяет программными методами восстановить работу системы при возникновении ошибок.

Канал мультиплексный универсальный ЕС 4001 предназначен для организации обмена данными между оперативной памятью электронной вычислительной машины (ЭВМ) и периферийными устройствами ввода-вывода в байт-мультиплексном, блок-мультиплексном и селекторном режимах.

Работу устройства ЕС 4001 необходимо рассматривать как работу независимых байт-мультиплексного и трех блок-мультиплексных каналов.

## 8.2. Назначение и режимы работы БТМК

Байт-мультиплексный канал обеспечивает обмен данными между периферийными устройствами ввода-вывода и оперативной памятью ЭВМ в мультиплексном и монопольном режимах передачи данных.

Работа байт-мультиплексного канала распадается на работу мультиплексного подканала и четырех селекторных подканалов. Мультиплексный подканал может выполнять операции ввода-вывода в байт-мультиплексном или монопольном режиме, а селекторные подканалы, только в монопольном. В мультиплексном подканале режим выполнения операции задается устройством, селекторные подканалы сами задают устройству монопольный режим выполнения операции независимо от того, какой режим задан в устройстве.

Выполнение операции с устройствами, подключенными к селекторным и мультиплексному подканалу и связь с центральным процессором осуществляется главным каналом, оборудование которого используют подканалы в режиме разделения времени. Подключение подканалов к главному каналу осуществляется посредством реализации запросов от подканалов или центрального процессора в соответствии с установленной системой приоритетов.

### 8.2.1. Мультиплексный подканал (МПК)

Мультиплексный подканал предназначен для одновременного обслужи-

вания нескольких УВВ. При обмене данными каждое устройство логически подсоединяется к каналу только на время передачи или приема одного или нескольких байтов. В промежутках между логическими подсоединениями одного УВВ, канал обслуживает запросы на подсоединение и передачу данных других УВВ, выполняющих операции ввода-вывода. УВВ выставляют запросы на передачу или прием очередного байта по мере своей готовности. Поскольку время подготовки информации в УВВ значительно превосходит время передачи, то мультиплексный подканал управляет потоком данных в течение сравнительно короткого интервала времени, оставаясь доступным для других УВВ все остальное время. Поэтому байты, относящиеся к независимым операциям, могут чередоваться в соответствии с запросами или требованиями, поступающими из УВВ; такой режим работы канала называется мультиплексным. Канал должен обслуживать все УВВ настолько быстро, чтобы каждое из них работало так, как если бы оно одно обслуживалось каналом.

Выполнение мультиплексным подканалом операций в байт-мультиплексном режиме характеризуется тем, что оборудование подканала используется в режиме разделения времени несколькими устройствами. Разделение средств мультиплексного подканала между всеми подключенными к нему УВВ касается аппаратных средств подканала и не распространяется на запоминающие средства (которые стоят меньше).

Управление мультиплексным подканалом несколькими операциями ввода-вывода от различных УВВ на основе разделения времени приводит к необходимости сохранять всю информацию о каждой операции ввода-вывода для последующего продолжения ее. Для выполнения одной операции, заданной командой канала, необходимая управляющая информация хранится в УСУ. Для сохранения всех УСУ мультиплексный подканал оборудуется местной памятью, откуда они поочередно извлекаются в регистры подканала на время взаимодействия с УВВ. В этом случае передача управляющей информации в память и последующее восстановление ее в регистрах подканала приводят к дополнительным затратам времени, что снижает быстродействие мультиплексного подканала по передаче данных, однако связь с любым УВВ этим подканалом устанавливается весьма быстро, так как не требуется вмешательства процессора. Средства мультиплексного подканала предназначенные для сохранения информации, необходимой для возобновления операции ввода-вывода, связанной с одним УВВ, называются подканалом. Подканалы данного мультиплексного подканала совместно используют аппаратные средства, тогда как каждый подканал имеет свою область памяти в местной памяти главного канала. Каждый подканал мультиплексного подканала предназначен для управления одним УВВ. Число подключаемых УВВ

всегда соответствует числу подканалов мультиплексного подканала. В каждый данный момент времени подканал может организовать связь с одним из подключенных к нему устройств по инициативе этого устройства или главного канала. Так, когда УВВ готово к передаче или приему очередного байта, оно выставляет требование на обслуживание. Если мультиплексный канал не занят обслуживанием другого устройства, он дает разрешение УВВ на подсоединение УВВ и принимает от него байт адреса. По этому адресу мультиплексный подканал определяет адрес подканала и извлекает из местной памяти управляющую информацию, которая относится к текущей операции ввода-вывода с данными УВВ. Далее канал обращается к основной памяти для обмена данными. Подканал будет занят этим устройством до конца обработки запроса.

Мультиплексный подканал одновременно реализует несколько программ канала — по числу одновременно работающих в канале УВВ.

Мультиплексный подканал используется для подключения медленно действующих УВВ.

Для обеспечения повышенной нагрузочной способности в мультиплексном подканале использовано два интерфейса ввода-вывода, что позволяет подключать одновременно (без дополнительных ретрансляторов) до 20 устройств.

### 8.2.2. Селекторные подканалы (СПК)

В составе байт-мультиплексного канала предусмотрены быстрые селекторные подканалы, использующие для подключения УВВ собственные информационные линии. Селекторный подканал предназначен для организации параллельной работы процессора и одного УВВ. Логическое подключение адресуемого УВВ к подканалу устанавливается в начале передачи данных под управлением программы во время начальной выборки устройства канала. Это подключение сохраняется в течение всей операции, например, в течение операции чтения или записи блока данных на магнитную ленту. В это время другие устройства, подключенные к подканалу, могут выполнять ранее начатые операции, не требующие использования средств подканала, как например, перематка магнитной ленты в НМЛ. Подканал оказывается занятым для вновь поступающих команд. Новая операция ввода-вывода начинается только после того, как канал обслужит все имеющиеся на очереди запросы на передачу данных для ранее начатой операции ввода-вывода.

Поскольку селекторный подканал осуществляет управление лишь одной операцией ввода-вывода, а УВВ использует все средства управления, имеющиеся в подканале, и логически связано с каналом все время пока не завершится передача всей группы данных, канал работает в монопольном режиме. Эта группа может содержать несколько байтов, одну или несколь-

ко последовательных физических записей. Буферизация данных осуществляется оборудованием подканала. Подканал связывается с главным каналом только на время обработки запроса подканала на передачу порции данных или выполнение окончания или по запросу главного канала. Селекторный подканал реализует одну программу канала. Отсутствие разделения средств селекторного подканала между несколькими УВВ, приводит к среднему быстродействию селекторного подканала при передаче данных, что предполагает использование селекторного подканала с среднескоростным УВВ.

К байт-мультиплексному каналу подключаются УВВ малой и средней производительности: печатающие устройства, устройства ввода и вывода с перфокарт и перфолент, диски, графопостроители, накопители на магнитных лентах (НМЛ), мультиплексоры передачи данных и т.д.

Один подканал может обслуживать как одно устройство ввода-вывода (неразделенный подканал), так и несколько (разделенный подканал).

Среди общего числа установленных подканалов часть из них может быть выделена под разделенные подканалы, остальные при этом неразделенные. Байт-мультиплексный канал может обеспечивать подключение через неразделенные подканалы до 192 устройств ввода-вывода и 64 устройства через 4 разделенных селекторных подканала (на каждый селекторный подканал по 16 устройств). Каждому неразделенному подканалу соответствует адрес одного устройства ввода-вывода. Разделенному подканалу соответствуют адреса 16 устройств, разделяющих общий блок управления. При этом в данный момент времени может работать лишь одно устройство ввода-вывода разделенного подканала.

### 8.3. Взаимодействие блоков БТМК

Программа процессора определяет и начинает операцию ввода-вывода, выполнение которой осуществляет программа канала.

Операции ввода-вывода начинаются по процессорной команде ввода-вывода НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД, в результате выполнения которой канал получает от процессора признак команды ввода-вывода, адрес УВВ и сигнал выбора канала. По этому сигналу в узле приоритетов главного канала формируется запрос на обслуживание процессора главным каналом.

Характер и степень взаимодействия блоков байт-мультиплексного канала определяется следующими этапами выполнения каналом операций ввода-вывода:

- вхождения в операцию ввода-вывода;
- начальной выборки УВВ;
- передачи данных по требованию УВВ;
- завершения текущей операции;

обработки байта состояния;  
прерывания.

В байт-мультиплексном канале блоки МПК и СПК выполняют операции, не требующие использования управляющих слов подканала, совместно с работой остальных блоков канала.

Выполнение соответствующей операции в канале начинается при условии, что соответствующий запрос, требующий использования главного канала и местной памяти, принят к обслуживанию. Эти запросы могут поступать от процессора (запрос от блока ГК по сигналам процессора), а также от блоков МПК и СПК.

Все запросы разделяются на 6 групп в порядке убывания их приоритета:

- 1) запрос мультиплексного подканала - требует обслуживания в процессе передачи данных или обработки байта состояния;
- 2) запрос селекторного подканала по ЦД - требует обслуживания, чтобы в процессе передачи данных выбрать УСК по цепочкам данных;
- 3) первичные запросы селекторных подканалов - требуют обслуживания в процессе передачи данных, выборке УСК по цепочке команд или повторению команды;
- 4) вторичные запросы селекторных подканалов - требуют обслуживания для записи ССК в ОП блока СПК;
- 5) запрос главного канала - требует обслуживания для выполнения процессорных команд ввода-вывода НВВ, НВВБЮ, ПВВ, ОСВВ, ОУ, ЗИК и процедуры НЗП, а также для запуска операций в блоке МПК по цепочке команд или повторению команды;
- 6) запрос главного канала - требует обслуживания для записи ССК в ОП блока МПК.

8.3.1. Этап вхождения в операцию ввода-вывода для мультиплексного и селекторного подканалов выполняется в основном стандартным образом и состоит из следующих шагов:

- прием из процессора признака команды ввода-вывода и адреса УВВ
- выборка АСК;
- выборка УСК;
- формирования управляющих слов подканала;
- формирования кода условия и отключения от процессора.

При выполнении первого шага взаимодействуют блоки БОМ и ГК (рис. II). Признак команды и адрес УВВ, получаемые из выходных шин процессора через блок БОМ, принимаются в главном канале на один из триггеров и регистр РЦД узла сопряжения с ЦД и формируется запрос главного канала, при принятии которого на обслуживание разрешается

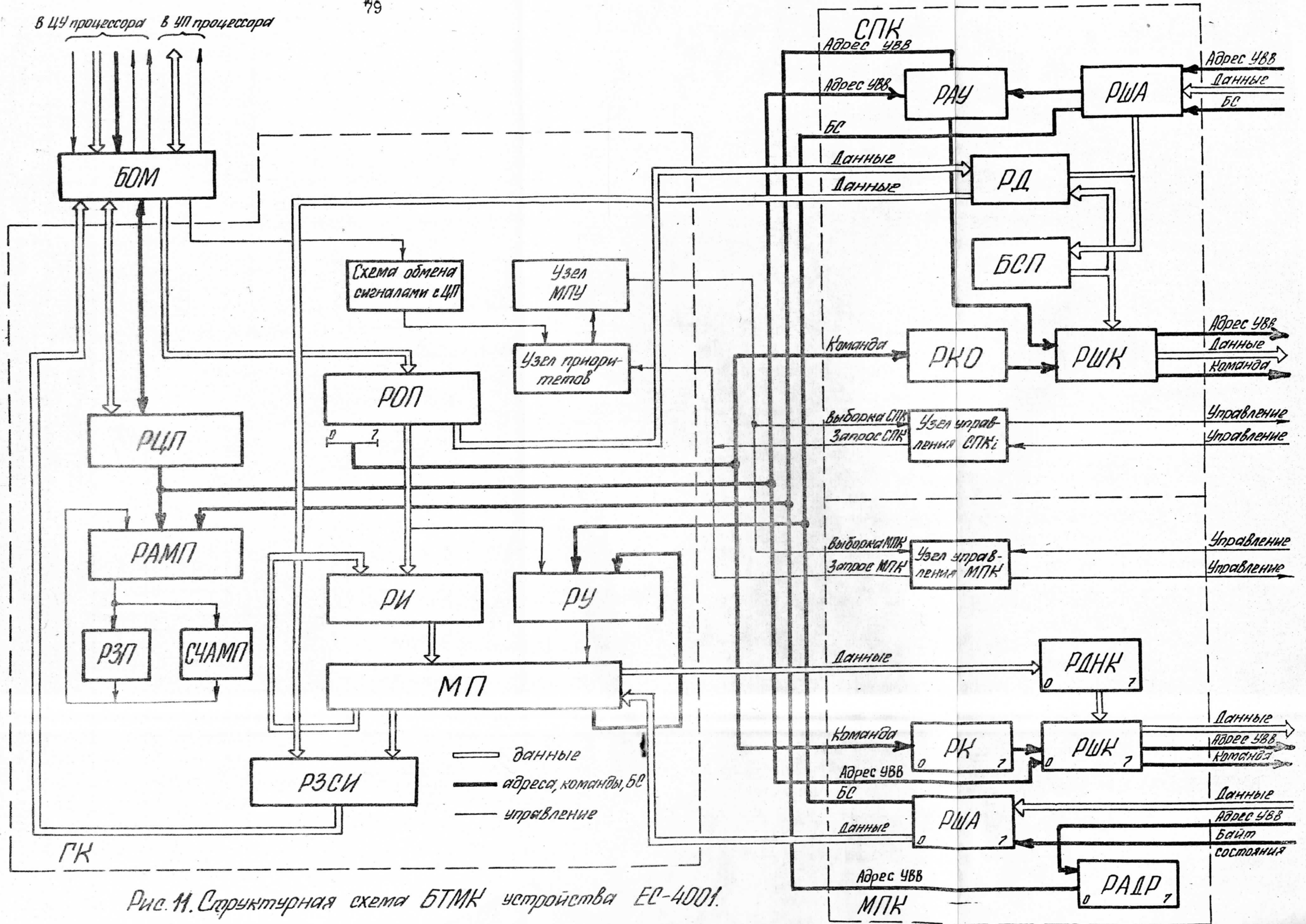


Рис. 11. Структурная схема БТМК устройства ЕС-4001.

выполнение шага выборки АСК.

При выполнении шага выборки АСК взаимодействуют блоки БОМ, ГК и местная память (МП).

Канал сохраняет в МП следующую управляющую информацию для каждого УВВ, выбранного для операции ввода-вывода:

- ключ защиты памяти;
- код операции ввода-вывода;
- адрес данных;
- флажки УСК;
- счет байтов данных;
- состояние канала;
- данные для МПК;
- слово ограниченной регистрации
- адрес следующего УСК;
- адрес первого УСК;
- адрес следующего АСД;
- УСК, предвыбранное по ЦД в операции типа ЗАПИСЬ для МПК;
- предвыбранное АСД;
- адрес команды ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ.

В канале управляющая информация сохраняется для каждого работающего подканала в МП.

Для каждого подканала (УВВ) предназначены 5 двойных слов информации — управляющих слов подканала (УС), имеющих номера УС 000, УС001, УС 010, УС 011, УС 100 (рис. 12).

Адрес УВВ, являющийся номером подканала, определяет группу из пяти УС. Адресация УС в группе осуществляется главным каналом путем модификации адреса УВВ.

При выборке АСК главный канал осуществляет формирование нулевого ключа и адреса 48/16СС которые через блок БОМ передаются в УП, и передает адрес УВВ из регистра РЦП на регистр РАМП для выборки управляющего слова УС 000. В цикле выборки АСК из ОП на регистр РОП происходит анализ признака невыполненной регистрации и считывание УС 000 на регистр РУ для определения доступности подканала (УВВ).

АСК принимается на регистр РОП по сигналу из узла сопряжения с УП асинхронно по отношению к работе узла микропрограммного управления. Из РОП АСК передается в регистр РУ (в 0-3-й байты). Выполнение шага завершается просмотром наличия запросов более высокого приоритета. При их наличии осуществляется: операция запоминания АСК в УС 010, обслуживание этих запросов, а затем считывание УС 010 (АСК) из МП на регистр РУ и переход к шагу выборки УСК. Для операций ввода-вывода в СПК вырабатывается сигнал разрешения перехода к

|       |   |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |    |
|-------|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------|-----|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|--|--------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------|----|
| УС000 | Модифицированное текущее УСК                                |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Счет данных | 63 |
|       | КЗ  | Неравнов. данные "остатков" по Левым УС | КОП                                 | Адрес данных                     | ЦД                    | ЦК        | БНД | БЗД                     | ПЗД                   | КАД                              | Предвыб. АСД                  | УСК предв. по ЦД      | СБУ       | Ошибки в програм. | Нарушен. зашиты | Ош. в дан. в канале | Счет байтов данных | 48 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |    |
| УС001 | Данные (для МПК)  |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 63          |    |
|       | Слово ограниченной регистрации (МПК, СПК)                   |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | 63 |
| УС010 | Модифицированное АСК  |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  | Адрес первого УСК для ЦД |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 63          |    |
|       | Адрес следующего УСК канальной программы                    | 31                                      | 40                                  |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | 63 |
| УС011 | Адрес следующего АСД  |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  | Адрес первого УСК для ЦД |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 63          |    |
|       | УСК, предвыбранное по ЦД в операции типа "запись" (для МПК) |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  | Адрес первого УСК для ЦД |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             | 63 |
| УС100 | Предвыбранное АСД   |   |                                     |                                  |                       |           |     |                         |                       |                                  |                               |                       |           |                   |                 |                     |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |  | Предвыбранное АСД        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 63          |    |
|       | Предв. АСД в 1-5 байтах                                     | Адрес н-ой ПВК в 0-3                    | Ош. в програм. для предв. АСД в 0-5 | Наруш. заш. для предв. АСД в 0-3 | СБУ для пр. АСД в 0-3 | Адрес ПВК | 31  | Предв. АСД в 4-7 байтах | Адр. команд ПВК в 4-7 | Ош. в програм. для пр. АСД в 4-7 | Наруш. заш. для пр. АСД в 4-7 | СБУ для пр. АСД в 4-7 | Адрес ПВК | 38                | 39              | 40                  |                    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 63 |  |                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |             |    |

Рис. 12. Управляющие слова.

канальной выборке УВВ.

В шаге выборки УСК взаимодействуют блоки ГК и БОМ, а также МП. Главный канал осуществляет через блок БОМ считывание из ОП первого УСК, во время которого завершается формирование УС 010 и его запоминание в МП. Если в УСК определена операция типа СЧИТАТЬ и отсутствует признак КАД, на регистре РУ выполняется формирование управляющего слова УС 000 и запись его в одноименную ячейку подканала. Выполнение шага завершается выдачей для МПК сигнала разрешения перехода к начальной выборке адресованного УВВ. Если в УСК определена операция типа ЗАПИСЬ, то осуществляется просмотр наличия запросов более высокого приоритета. При их наличии осуществляются: запись в регистр РВС адреса возврата, содержимое регистра РУ записывается в ячейку УС 000 подканала, обслуживание этих запросов, а затем считывание УС 000 из МП на регистр РУ и переход к продолжению выполнения операции типа ЗАПИСЬ.

При отсутствии признака КАД в УСК формируется запрос в ОП за двойным словом данных.

Адрес данных модифицируется на +8, а разряды регистра РУ (29-31) переписываются в разряды РУ (45-47), завершая формирование на РУ УС 000. Двойное слово данных принимается на регистр РИ, а затем записывается в ячейку УС 001 подканала. Содержимое регистра РУ записывается в ячейку УС 000 подканала. Выполнение шага завершается выдачей для МПК сигнала разрешения перехода к начальной выборке адресованного УВВ.

И при операции типа ЗАПИСЬ, и при операции типа СЧИТАТЬ после приема УСК на регистр РУ может быть определен режим передачи данных с косвенной адресацией данных. В этом случае на регистр РИ из ОП принимаются одно или два АСД. Количество АСД зависит от местоположения первого АСД в ОП. В общем случае из ОП в канал может быть выбрано до трех АСД, одно из которых используется для формирования реального адреса ОП, а два другие в качестве предвыбранных хранятся в ячейке УС 100 подканала. Из УСК и АСД формируется управляющее слово, которое хранится в ячейке УС 100 подканала.

8.3.2. Этап начальной выборки УВВ осуществляется подканалами независимо и асинхронно от работы остальных блоков канала. При этом подканалы получают из главного канала адрес УВВ (из регистра РЦП) и код операции - из разрядов регистра РУ (6-7).

Этап заканчивается формированием в подканалах сигналов, характеризующих результат ее выполнения, которые передаются в главный канал и влияют на формирование кода условия.

Канал определяет возможность выполнения операции ввода-вывода и по окончании выполнения команды ввода-вывода информирует процессор, посылая ему соответствующий двухразрядный код условия (признак результата).

Формирование кода условия 00, характеризующего нормальное завершение канальной выборки УВВ, осуществляется вне приоритета блоком главного канала, при этом запускается аппаратная последовательность освобождения процессора. В этом случае блок главного канала взаимодействует с блоком БОМ, через который выдается код условия в процессор, и непосредственно с процессором, посылая ему сигнал отключения. Формирование кода условия 10 и 11 осуществляется с использованием средств главного канала, блока БОМ и местной памяти, а в случае формирования кода условия 01, при котором ССК записывается в ОП, и с использованием подканала, который представляет в главный канал байт состояния УВВ при обслуживании им соответствующего запроса подканала.

8.3.3. Передача данных по требованию УВВ в МПК и в СПК принципиально отличается друг от друга. В мультиплексном подканале отсутствуют средства буферизации данных и поэтому МПК использует средства канала для передачи каждого байта данных. В селекторном подканале имеется буфер подканала БСП и регистр данных и поэтому передача данных по требованию УВВ в СПК состоит из двух процессов, протекающих в канале достаточно независимо друг от друга. Первый включает в себя буферизацию данных в СПК без взаимодействия с другими блоками канала. Второй - обмен двойным словом данных с помощью главного канала с ОП.

Этап передачи данных по запросам МПК состоит из следующих шагов:

- 1) считывание с МП на регистр РУ содержимого ячейки УС 000;
- 2) считывание из МП или запись в МП содержимого ячейки УС 001 подканала, при операции типа СЧИТАТЬ - прием байта данных из блока МПК и запись этого байта данных в МП в соответствующие позиции ячейки УС 001 подканала, при операции типа ЗАПИСЬ - выдача байта данных с МП в МПК
- 3) изменение счета байтов и в случае, если двойное слово сформировано (при операции типа СЧИТАТЬ) или выдано в УВВ (при операции типа ЗАПИСЬ) обращение в ОП для записи или выборки из ОП следующего двойного слова данных с одновременным изменением адреса данных.
- 4) запоминание в МП модифицированного УС 000.

Передача данных по запросу СПК обеспечивается следующими шагами:

- 5) считывание из МП на регистр РУ содержимого ячейки УС 000

подканала;

б) обмена данными через регистр РИ с оперативной памятью, во время которого осуществляется с помощью сумматора модификация счета байтов и адреса данных и запоминания модифицированного УС 000 в МП.

8.3.4. Этап завершения операции отражает порядок работы канала с момента окончания передачи данных в подканале по текущему УСК (УС 000). Здесь осуществляется анализ признаков цепочек и в зависимости от их наличия осуществляется либо переход к шагу выборки следующего УСК, либо этап завершается переходом к этапу обработки байта состояния УВВ.

В этапе завершения могут осуществляться следующие шаги:

1) выборка следующего УСК по цепочке данных (ЦД) или АСД для мультиплексного и селекторных подканалов;

2) формирование новых управляющих слов из выбранных в предыдущем шаге УСК или АСД;

3) выборки УСК или АСД из ОП по цепочке команд и выполнение повторения команд для СПК или МПК.

В этом этапе главный канал взаимодействует с подканалами, через блок БОМ с ОП и с МП.

При отсутствии признаков цепочек в текущем УСК осуществляется переход к этапу обработки байта состояния.

8.3.5. Обработка байта состояния для селекторного и мультиплексного подканалов осуществляется различными микрооперациями, которые формируют и записывают ССК в МП.

Для селекторного подканала формирование и запоминание ССК в МП осуществляется следующими микрооперациями:

1) выборки содержимого ячейки УС 000 из МП на регистр РУ, на котором формируется ССК;

2) формирование байта состояния канала на регистре РУ (5 байт), пересылка ключа защиты и адреса УСК из содержимого ячейки УС 010 на регистр РУ (0-3 байт), прием байта состояния из СПК на регистр РУ (4 байт), прием остаточного счета данных из СПК на регистр РУ (6-7 байт);

3) запоминание сформированного на регистре РУ слова состояния канала в МП в ячейке УС 010 подканала.

Содержимым ячейки УС 010 подканала является ССК и в конце этого этапа СПК возбуждает сигнал запроса на прерывание процессора, который принимается на обслуживание в главном канале, если он имеет возможность выставить запрос на прерывание в процессор.

Обработка байта состояния для мультиплексного подканала принци-

пиально отличается от обработки байта для СПК тем, что независимо от причины, вызвавшей прерывание, запрос на прерывание отсылается в УВВ (по сигналу МПК "Запомнить состояние") и хранится там до тех пор, пока главный канал не получит возможность выставить запрос на прерывание в процессор (регистр запросов на прерывание РЗП свободен). Это происходит потому, что для обработки запросов от МПК на прерывание процессора используется оборудование главного канала и его система приоритетов.

Обработка состояния для мультиплексного подканала состоит в выполнении одной из следующих последовательностей:

1) формирование ССК и запроса на прерывание.

Осуществляется при условии, что канал не хранит прерывание, т.е. ресурсы блока ГК, на уровне которых создается очередь запросов на прерывание (регистр запросов прерывания РЗП) свободны. Иными словами, для того, чтобы выполнялось формирование ССК и запрос на прерывание, необходимо, чтобы процессор, учел все ранее возникшие условия прерывания в блоке МПК;

2) запоминание байта состояния в УВВ.

В случае, если ресурсы блока ГК, участвующие в формировании ССК и запроса на прерывание заняты, выполняются действия по запоминанию байта состояния в УВВ. Для этого из блока ГК в блок МПК посылается сигнал запоминания состояния в УВВ.

Имеются две разновидности запоминания состояния УВВ в зависимости от содержимого принятого байта состояния:

запоминание байта состояния с указателем КРК, которая выполняется, если регистр РЗП занят;

запоминание байта состояния с указателем КРУ, без указания КРК, которое выполняется вне зависимости от состояния регистра РЗП;

3) формирование ССК и запись его в оперативную память, если последовательность обработки состояния выполняется как завершение команды ввода-вывода ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД;

4) обеспечение выполнения режимов цепочки команд или повторения команды.

8.3.6. Этап прерывания по завершении операции ввода-вывода может осуществляться либо по команде ввода-вывода процессора, либо по учету прерывания, которые выдаются в канал в ответ на запрос от канала на прерывание. Этап в этом случае состоит из следующих шагов:

1) выборки УС 010 (содержащего сформированное в этапе обработки байта состояния ССК) на регистр РУ;



- 2) запоминание ССК в ОП (в ячейке 40/16СС);
- 3) формирование кода условия ОО (по учету прерывания) или кода условия ОI (по командам ввода-вывода) и отключение от процессора.

#### 8.4. Назначение и режимы работы БМК

8.4.1. Блок-мультиплексный канал предназначен для организации параллельной работы нескольких высокоскоростных УВВ по одной информационной магистрали с чередованием блоков данных.

Блок-мультиплексный канал позволяет осуществлять передачи данных на основе блочного мультиплексирования. Он сочетает быстродействие селекторного канала с возможностью чередования режимов работы, характерной для байт-мультиплексного канала.

При байт-мультиплексном режиме мультиплексирование осуществляется примерно так же, как и при байт-мультиплексном режиме, с той лишь разницей, что блочное мультиплексирование осуществляется между блоками данных, а при передаче данных действует монополярный режим, как и в любом селекторном канале. Разделение времени блок-мультиплексного канала между несколькими быстродействующими устройствами ввода-вывода организовано точно так же, как это делается при разделении времени байт-мультиплексного канала между несколькими медленно действующими УВВ.

В структуре блок-мультиплексного канала предусматривают счетчик байтов; регистр блока. Передача управляющей информации в память подканалов осуществляется при обнулении этого регистра. Содержимое регистра длины блока уменьшается при каждой передаче в основную память

Значительные дополнительные затраты времени канала на запоминание и восстановления содержимого его регистров можно сократить, если увеличить размер передаваемой группы (блока) данных за один интервал времени. При этом сохраняются преимущества селекторного подканала в части высокого быстродействия при передаче данных и основные преимущества мультиплексного канала, заключающиеся в более быстром освобождении канала и возможности выполнения каналом некоторых операций, не связанных с передачей данных.

Связь с любым УВВ этим каналом устанавливается весьма быстро, так как не требуется вмешательства процессора.

Если в канале разрешено мультиплексирование монополярный режим распространяется только на передачу одного блока данных. Режим с запретом мультиплексирования или разрешением сохраняются на все время данной операции, пока не будет освобожден соответствующий подканал. Этот режим работы канала определяется содержимым специального триггера режима, входящего в состав регистра команды канала.

Блок-мультиплексный канал обеспечивает обмен данными между высокопроизводительными долговременными запоминающими устройствами (ДЗУ) и оперативной памятью ЭВМ в блок-мультиплексном и селекторном режимах передачи данных. Признак блок-мультиплексного режима устанавливается в нулевом разряде нулевого управляющего регистра программно. Способность к мультиплексированию блоков данных и режим работы определяется сигналом из процессора РУ (0), который соответствует состоянию разряда управления мультиплексированием (0-ой разряд 0-го управляющего регистра), и наличием свободных подканалов в момент очередного запроса из процессора (НВВ и НВВБО) на выполнение программы ввода-вывода.

Нулевое значение сигнала РУО (0) (мультиплексирование запрещено) или отсутствие свободных подканалов приводит к выполнению запускаемой программы в селекторном режиме.

Единичное значение сигнала РУО(0) (мультиплексирование разрешено) приводит к выполнению запускаемой программы в блок-мультиплексном режиме. Степень мультиплексирования определяется возможностями устройства ввода-вывода.

8.4.2. Селекторный режим выполнения программы канала характеризуется тем, что канал остается занятым и не в состоянии выполнить другую программу канала до тех пор, пока не закончит выполняемую программу и не передаст в процессор условия окончания программы (запоминание конечного ССК). В этом режиме канал выполняет операции ввода-вывода последовательно, а подключенные УВВ - поочередно.

8.4.3. Блок-мультиплексный режим при выполнении одной программы канала характеризуется тем, что позволяет временно освобождать канал ввода-вывода во время перехода от команды к команде по цепочке команд и при завершении ее выполнения. Канал отключается от этой программы при наличии разделенных концов работы канала и устройства. Так при выполнении одной программой канала операции, не связанной с передачей данных (например, поиск данных на магнитных дисках), канал отключается от этой программы, при получении сигнала КАНАЛ КОНЧИЛ, не дожидаясь сигнала УСТРОЙСТВО КОНЧИЛО. В это время канал становится доступным для выполнения другой операции ввода-вывода (например, передачи данных) с другим устройством по другой программе канала; состояние отключенного устройства сохраняется в его УСУ.

Текущая управляющая информация - (УСУ) по прерванной программе канала запоминается в соответствующем подканале (в местной памяти) и работа по ней может быть продолжена после получения запроса о готовности устройства по сигналу ТРБ-А при условии доступности самого канала.

Когда отключенное устройство опять готово к работе с каналом, его устройство управления пытается снова использовать средства канала. Если канал свободен, регистры канала перезагружаются управляющей информацией - (УСУ) из памяти подканалов, и возобновляется выполнение прерванной программы канала. Если в данный момент канал занят, УВВ должно ждать. Операции блок-мультиплексирования аппаратно управляются каналом и устройством управления.

При завершении канальной программы конечный байт состояния устройства всегда принимается в канал и хранится в соответствующем подканале местной памяти. Адрес устройства, с которым выполнялась программа, помещается в регистр прерывания (РП), если он свободен, и посылается на прерывание в процессор. Если РП занят, то адрес устройства помещается в очередь устройств, ожидающих прерывания, и выбирается при освобождении РП.

Блок -мультиплексный режим позволяет каналу одновременно выполнять несколько программ канала, что повышает эффективность использования оборудования и производительность канала. Число одновременно выполняемых программ канала в каждом блок-мультиплексном канале определяется количеством подканалов в местной памяти и составляет 80.

Если при работе канала все 80 подканалов будут заняты и принимается запрос от процессора на выполнение следующей, 81 программы, то последняя программа канала монополизировывает оборудование канала и выполняется от начала до конца в обычном селекторном режиме и только после этого канал может приступить к обработке остальных программ канала в блок-мультиплексном режиме.

Блок-мультиплексный канал используется для подключения высокоскоростных устройств с блочной организацией данных, а также устройств с прямым доступом.

#### 8.5. Взаимодействие блоков БЛМК

По своему назначению оборудование блок-мультиплексного канала можно разделить на шесть функциональных блоков:

1) блок сопряжения с оперативной памятью (БСУП).

Он обеспечивает выборку из ОП в канал и запоминание из канала в ОП данных для всех работ канала, требующих использования оперативной памяти.

2) блок буферизации данных (ББД)

Он обеспечивает буферизацию и преобразование формата данных, передаваемых через канал при выполнении операций ввода-вывода, модификацию счета данных, адресов УСК, АСД, данных, коррекцию остаточного счета данных.



3) блок сопряжения с центральным процессором (БСПЦ),  
Обеспечивает выполнение начальной загрузки программы (совместно с БУК),  
процессорных команд ввода-вывода и учета прерываний ввода-вывода.

4) блок местной памяти (БМП).  
Обеспечивает динамическое назначение подканалов, запоминание, хранение  
и выборку данных подканалов, фиксацию состояния подканалов, ведение  
очереди подканалов, находящихся в состоянии хранения прерывания.

5) блок управления каналом (БУК).  
Обеспечивает управление ходом канальных программ, выполнением операций  
ввода-вывода, обработкой запросов на программно-управляемые прерыва-  
ния, обработкой требований абонента, обработкой ошибок управления ка-  
нала и интерфейса ввода-вывода.

6) блок сопряжения с периферийным устройством (БСПУ).  
Обеспечивает установление логической связи канала с периферийным  
устройством, прием данных из канала в периферийные устройства, логичес-  
кое отключение периферийных устройств от канала, селективный и общий  
сброс периферийных устройств.

Функциональная схема на уровне узлов изображена на рис. 13.

Таким образом можно выделить в отдельную группу три блока: БСПУ,  
ББД и БСУП, которые вместе образуют тракт обмена данными между блоком  
управления оперативной памятью центрального процессора и периферий-  
ным устройством. Остальные три блока: БСПЦ, БМП и БУК являются управ-  
ляющими и предназначены для управления ходом работы канала.

БЛМК может выполнять следующие функции:

- общий сброс;
- начальную загрузку программы процессора в ОП;
- процессорные команды ввода-вывода;
- последовательность операций ввода-вывода по канальной программе;
- учет прерываний ввода-вывода;
- обработку требований абонента.

Для осуществления одновременного выполнения 80-и канальных программ  
в БЛМК предусмотрено динамическое назначение подканалов, которое про-  
исходит в БМП. Установленное соответствие между адресом УВВ и адресом  
подканала сохраняется до завершения данной канальной программы, после  
чего освободившийся подканал может быть назначен вновь, а также до  
общего сброса канала.

В местной памяти хранятся данные 80-и мультиплексных подканалов,  
одного селекторного подканала, некоторых регистров и констант канала.  
Для каждого из подканалов отводится 3 ячейки длиной в слово (4 байта).  
Структура этой управляющей информации приведена далее! ..

0 3 4 6 7 8

31

|                           |                           |                        |                      |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|
| КЛЗЦ                      | 00                        | ПР                     | Адрес следующего УСК |
| Байт состояния устройства | Байт состояния канала     | Остаточный счет данных |                      |
| Байт состояния подканала  | Адрес УСК начала операции |                        |                      |

КЛЗЦ - ключ защиты из 0÷3 РУ из БСУП

ПР - отложенный признак результата из регистра ПР в БСЦП

Байт состояния подканала запоминается из регистра РСПК и имеет следующий вид:

|   |   |    |     |   |    |    |   |
|---|---|----|-----|---|----|----|---|
|   |   | ЦК | ОПК | Д | ПК | ХП | Р |
| 0 | 1 | 2  | 3   | 4 | 5  | 6  | 7 |

ЦК - цепочка команд

ОПК - останов в подканале

ПК - повтор команды

ХП - хранит прерывание

Р - работает

Д - доступен

Наличие адреса УСК начала операции позволяет производить повтор команды при возникновении сбоя.

Общий сброс инициируется в канале процессором. Сигнал сброса параллельно распространяется по всем функциональным блокам канала и заставляет каждый блок устанавливаться в исходное для работы состояние, а БСПУ выполнить кроме того процедуру общего сброса по интерфейсу ввода-вывода.

Выполнение команд ввода-вывода инициируется процессором и ведется БСЦП с использованием блоков БСПУ, БСУП, БМП и БУК.

Взаимодействие блоков БЛМК рассмотрим на примере выполнения команды НВВ.

По получении из процессора команды НВВ БСЦП анализирует состояние канала, а, если канал занят, то в регистре признака результата формируется ПР=2, который передается в процессор, и канал отключается от процессора.

Если канал не занят, БСЦП инициирует БСУП к выборке АСК. АСК выбирается из ОП на РУ, контролируется и, если в нем нет программных ошибок, БСЦП инициирует БСПУ к выборке УВВ и БУК к выполнению канальной программы в селекторном режиме.

Если каналная программа успешно запустилась, БУК информирует об этом БСЦП, который переводит канал в состояние Р, формирует ПР=0, передает его в процессор и отключает канал от процессора.

Если в АСК оказались программные ошибки, либо если БУК вместо сообщения об успешном запуске каналной программы прислал сообщение о завершении каналной программы, то из БМП в ОП через БСУП записывается ССК. После запоминания ССК БСЦП формирует ПР=1, передает его в процессор и отключает канал от процессора.

При поступлении в канал команды НВВБО, в БСЦП происходит анализ признака режима блокового мультиплексирования, сопровождающего команду НВВБО. Если канал не занят и ТРЕМ=1, то БСЦП заставляет БМП назначить подканал. Назначение подканала происходит следующим образом. При появлении сигнала НЗНПК (назначить подканал) производится выборка данных из памяти назначений (ПН) по адресу, который берется с шин адреса УВВ из процессора, и занесение их в регистр назначений (РНЗ44), где анализируется бит признака назначений. Если РНЗ44=1, то подканал уже назначен и выдается ответный сигнал ПОДКАНАЛ ЗАНЯТ (ПКЗ). Если РНЗ44=0, но на АС4 стоит адрес 80 (АС480=1), то все подканалы уже назначены, и выдается ответный сигнал НЕТ ДОСТУПНЫХ ПОДКАНАЛОВ (НДПК). Если доступны для назначения подканалы есть, то производится назначение подканала. На РНЗ44 записывается содержимое АС4, т.е. номер свободного подканала, который передается в узел формирования адреса МП. С РНЗ44 данные переписываются в ПН и разряд признака назначений устанавливается в 1.

Выполнение последовательности операций ввода-вывода по каналной программе начинается в результате выполнения команды НВВ или НВВБО и ведется БУК. Соисполнителями являются БСЦП, БМП, ББД, БСПУ, БСУП.

Выполнение этой работы распадается на следующие составные части:

выборка УСК, его контроль и подготовка к использованию  
выполнение операции, заданной в УСК

выполнение перехода по окончании текущей операции ввода-вывода к следующей цепочке команд

выполнение прерывания каналной программы

выполнение завершения каналной программы

Сразу после выборки АСК БУК инициирует БСУП к выборке УСК. Когда УСК принято в канал, БУК контролирует его на наличие программных ошибок и далее подготавливает к использованию путем запоминания в подканале адреса и счета данных, а также устанавливает по коду операции в УСК тип операции.

Выполнение операции любого типа (за исключением ПЕРЕХОД В КАНАЛЕ)

начинается с того, что БУК инициирует БСПУ к передаче в УВВ хода операции из УСК. УВВ, получив код операции, присылает в ответ байт состояния. БСПУ принимает его в РШИН-АО и информирует об этом БУК. БУК анализирует этот байт состояния и, если он нулевой, сообщает об этом в БСЦП для обеспечения завершения команды НВВ и переходит к этапу обмена данными между УВВ и ОП.

В случае операции типа ЧТЕНИЕ БСПУ обеспечивает прием в РШИН-АО данных, передаваемых УВВ и информирует о каждом акте приема ББД.

ББД осуществляет побайтную запись данных, принятых с РШИН-АО в буфер данных. Наряду с буферизацией поступающих от ВУ данных, ББД выбирает побайтно данные из буфера и передает их на РИ, формируя там двойное слово, подлежащее запоминанию в ОП и одновременно на регистре маркеров (РЗСМ) формирует маркеры, используемые при запоминании данных в ОП. При этом в общем счетчике (С40) происходит модификация счета данных.

После формирования слова на РИ ББД информирует об этом БУК, который инициирует БСУП к запоминанию данных в ОП.

При наличии в текущем УСК флажка ЦД БУК после запоминания в ОП последнего слова данных по текущему УСК инициирует БСУП к выборке следующего УСК.

Взаимодействие блоков БЛМК при выполнении операций типа ЗАПИСЬ происходит аналогично.

По окончании блока данных на ВУ либо вследствие выполнения процедуры останова, УВВ посылает в канал конечный байт состояния.

БСПУ принимает байт состояния в РШИН-АО и информирует об этом БУК. БУК производит анализ конечного байта состояния УВВ, а также байта состояния канала и флажков текущего УСК и по результатам анализа определяет дальнейший ход каналной программы: либо на прерывание каналной программы, либо на выполнение цепочки команд, либо на завершение.

С точки зрения программирования байт-мультиплексный и блок-мультиплексный каналы работают одинаково, и на программе не отражается разделение или совместное использование оборудования операциями ввода-вывода. Байт-мультиплексный и блок-мультиплексный каналы во время мультиплексирования способны одновременно обеспечить выполнение по одной операции ввода-вывода в каждом подканале при условии, что общая нагрузка на канал не превышает его пропускной способности. Если не учитывать тех аспектов связи, которые относятся к физической организации канала (например, отдельные подканалы байт-мультиплексного канала не различаются по команде ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ или по маске, управляющей прерываниями от канала), то можно сказать, что программа воспринимает каждый подканал как независимый селекторный подканал. Байт-мультиплексные и блок-

мультиплексные каналы идентичны также в смысле подключения устройств ввода-вывода. Эти два типа каналов имеют один и тот же интерфейс ввода-вывода, и к каждому из этих каналов может подключаться до 256 устройств ввода-вывода. Программа для некоторого УВВ может выполняться с любым типом канала, причем будут получены одни и те же результаты.

Выполнение операции ввода-вывода не зависит от типа канала и от степени разделения оборудования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭВМ ЕС-1060 обеспечена высокопроизводительной системой ввода-вывода, позволяющей использовать всю номенклатуру устройств ввода-вывода ЕС ЭВМ, а также новых модифицированных УВВ, в том числе высокоскоростных, работающих в блок-мультиплексном режиме.

Рассмотренная организация ввода-вывода удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к вводу-выводу современной ЭВМ, поскольку структура и функциональные возможности такой системы ввода-вывода обеспечивают необходимую степень совмещения операций ввода-вывода и операций процессора с целью повышения производительности ЭВМ в целом; управление и программное обеспечение ввода-вывода предоставляют возможность внедрения на ЭВМ развитого мультипрограммного режима, обеспечивающего повышение эффективности использования оборудования; управление системой ввода-вывода обеспечивает возможность максимальной унификации программ, обслуживающих работу различных УВВ.

Содержащиеся в настоящей учебно-методической разработке сведения являются базовыми для изучения последующих курсов по специализациям каналов ввода-вывода ЭВМ ЕС-1060.

Усвоив материал и сдав экзамен, слушатель будет подготовлен к изучению следующих модулей по избранной специализации.

Данный материал в процессе его использования может дополняться или корректироваться в соответствии с изменениями, которые появляются в результате усовершенствования устройства ЕС 4001.

Замечания или предложения по улучшению пособия, которые могут появиться у читателя, просьба направлять в отдел 6 центра, где они будут изучены и учтены в последующих редакциях.

### Вопросы для самопроверки

- I. Дайте определение следующим понятиям:
  - система ввода-вывода
  - супервизор ввода-вывода
  - каналы ввода-вывода
  - устройства управления вводом-выводом
  - устройства ввода-вывода
  - система управления данными
  - метод доступа
  - внешний носитель
2. Дайте краткую схему реализации операций ввода-вывода.
3. Перечислите требования положенные в основу организации ввода-вывода.
4. Перечислите основные принципы организации ввода-вывода в ЕС ЭВМ.
5. Охарактеризуйте аппаратные и программные способы совмещения вычислений и операций ввода-вывода.
6. Насколько важную роль играет буферизация данных для ввода-вывода в ЭВМ.
7. В чем отличие приостановки от прерывания.
8. Перечислите уровни и иерархии в управлении вводом-выводом.
9. Почему принята данная структурная организация ЭВМ.
10. Как задаются требуемые УВВ и канал в случае команды НВВ? Объясните это. Как вы думаете, что программист записывает в поле В2 ?
11. Перечислите максимальное число байт-мультиплексных каналов и блок-мультиплексных каналов.
12. Приведите характерные адреса ввода-вывода.
13. Каково назначение каналов в ЭВМ?
14. Что такое занятие цикла? Как оно выполняется? Для чего используется?
15. Охарактеризуйте связь с каналом.
16. Обсудите основные преимущества многоуровневой системы ввода-вывода.
17. Опишите основные функции оборудования - канала и программы-супервизора.
18. Опишите каким образом УВВ подключаются к каналу. Может ли любой канал взаимодействовать с любым УВВ?
19. Опишите схему прохождения информации во времени для следующих случаев:



- с внешнего носителя информации в УВВ;  
из УВВ в устройство управления вводом-выводом;  
из устройства управления в канал;  
из канала в основную память. Какое количество информации передается в каждом из этих случаев?
20. Ответьте на вопрос 19 для случая вывода информации.
  21. Расскажите, в чем заключается назначение интерфейса ввода-вывода.
  22. Обсудите 2 аспекта структуры канала.
  23. Охарактеризуйте единый способ подключения и управления для устройств ввода-вывода.
  24. Как канал получает команду канала?
  25. Как используются процессорные команды ввода-вывода, команды канала и приказы для выполнения операции ввода-вывода?
  26. Дайте определение следующим понятиям:  
операция ввода-вывода;  
программа канала;  
подканал;
  27. Объясните, чем контролируется количество передаваемых данных.
  28. Какое значение имеет косвенная адресация данных в канале?
  29. Обсудите формирование программы канала в различных режимах работы ЭВМ.
  30. Охарактеризуйте защиту памяти.
  31. Опишите схему выполнения программы канала при чтении-записи с пакета магнитных дисков.
  32. Опишите, каким образом осуществляется организация выполнения операции ввода-вывода.
  33. Укажите назначение разрядов управляющего слова канала.
  34. Укажите назначение разрядов адресного слова канала.
  35. Охарактеризуйте команды ввода-вывода.
  36. Укажите назначение разрядов слова состояния канала.
  37. Опишите схему выполнения операции ввода-вывода.
  38. Рассмотрите последовательность выполнения операции ввода-вывода.
  39. Перечислите основные функции канала.
  40. Рассмотрите взаимодействие между процессором и каналами.
  41. Каково назначение команд ПВВ, ОВВ, ПК?
  42. что представляет собой прерывание?  
каким образом формируется запрос на прерывание?  
в какой точке цикла ЭВМ начинается обработка прерывания?  
два способа обработки прерывания.
  43. Объясните, что представляет собой преобразование формата пере-

- даваемых данных. Для чего необходима эта процедура?
44. что представляет собой программа канала?  
почему программа канала состоит из нескольких команд канала?
  45. Поясните каким образом программа адресуется к нужному ей УВВ.
  46. Опишите все обращения к памяти, выполняемые каналом между моментом выдачи команды НВВ и моментом, когда канал отключается от процессора.
  47. укажите условия, при возникновении которых канал может окончить программу канала.  
поясните, как канал узнает об условии окончания.  
опишите начало выполнения каналом процедуры окончания.
  48. что такое "слово состояния канала ССК"?  
где хранится слово состояния канала после того, как оно сформировано?  
какие части системы используют словосостояния канала?
  49. объясните назначение шести разрядов флажков (признаков), входящих в состав команды канала.  
поясните назначение разряда в цепочке данных и цепочке команд.
  50. Каким образом канал использует флажки, указанные в команде канала, для определения момента окончания программы канала?
  51. что такое адресное слово канала АСК?  
где оно хранится?  
какая часть системы помещает его в это место?  
каким образом канал получает это слово?  
какие операции производит канал с этим словом?
  52. Укажите общие черты, свойственные операциям, задаваемым командой канала.
  53. Где хранится программа канала?
  54. Почему она не встроена в канал?  
Как происходит обмен данными между памятью и УВВ?
  55. каким образом супервизору ввода-вывода становится известно о результате выполнения выданной им команды НВВ?  
перечислите возможные варианты окончания команды НВВ.  
как реагирует супервизор ввода-вывода на каждое из этих окончаний?
  56. Объясните своими словами значение следующих терминов:  
запись, блок, файл;  
индексно-последовательный файл;  
файл с прямой организацией;  
файл с библиотечной организацией;

- файл с последовательной организацией;  
блок управления данными.
57. Каким образом устанавливается связь:  
между программой и методом доступа;  
между методом доступа и и супервизором ввода-вывода;  
между супервизором ввода-вывода и каналом?
58. Каким образом программа передает управление методу доступа ?
59. что представляет собой макрокоманда EXCP?  
какая часть системы выдает эту макрокоманду?  
какие параметры содержатся в этой макрокоманде.
60. Для выполнения каждой макрокоманды EXCP супервизор берет на себя управление три раза. Объясните, почему супервизор ввода-вывода должен вмешиваться в каждом из трех случаев.
61. каким образом супервизор ввода-вывода получает управление, когда ведется макрокоманда EXCP?  
какие проверки выполняет супервизор ввода-вывода перед выдачей команды HVB?  
довольно часто супервизор ввода-вывода не может выдать команду HVB; каким образом он поступает с запросом?
62. Какие действия выполняет супервизор ввода-вывода после выполнения процедуры завершения операции, для которой было сформировано прерывание?
63. Охарактеризуйте методы доступа с очередями и базисные методы доступа.
67. Опишите структуры обработки запроса на ввод-вывод.
68. Как и почему мы разделяем UVB на три группы.
69. Дайте краткую характеристику каналу мультиплексному универсальному ЕС 4001
70. Перечислите из каких блоков состоит байт-мультиплексный канал. Укажите функции каждого из блоков, а также сигналы, которые они формируют и передают в другие блоки канала.
71. Расскажите о приоритете запросов от блока ГК, а также блоков МПК и СПК.
72. Опишите управляющие слова для байт-мультиплексного канала.
73. Рассмотрите взаимодействие блоков байт-мультиплексного канала на отдельных этапах выполнения каналом операций ввода-вывода.
74. Перечислите из каких блоков состоит блок-мультиплексный канал. Укажите функции каждого из блоков, а также сигналы, которые они формируют и передают в другие блоки канала.
75. Опишите управляющие слова для блок-мультиплексного канала.

76. Рассмотрите взаимодействие блоков блок-мультиплексного канала на отдельных этапах выполнения каналом операции ввода-вывода.

## Усовершенствованный интерфейс ввода-вывода

Новые разработки устройств ввода-вывода потребовали улучшения отдельных характеристик интерфейса ввода-вывода. Это привело к созданию усовершенствованного интерфейса ввода-вывода.

Усовершенствованный интерфейс ввода-вывода ЕС ЭВМ Ряд-2 обеспечивает следующие возможности:

возможность подсоединения к каналам различных устройств управления ЕС ЭВМ, а также устройств управления с параметрами интерфейса ввода-вывода других вычислительных машин ЕС ЭВМ;

возможность последовательного подсоединения к каналам не менее 10 устройств управления (максимально до 256 непосредственно адресных устройств ввода-вывода);

стандартность выполнения операций ввода-вывода в системе нескольких вычислительных машин;

возможность подключения широкого круга устройств ввода-вывода с различными скоростями;

скорость передачи данных — не менее 1,5 Мбайт (при использовании дополнительных функций ввода-вывода до 3 Мбайт);

наличие унифицированных средств подключения — кабелей, разъемов, блоков согласующих регистров, переходников-соединителей кабелей.

В усовершенствованном интерфейсе ввода-вывода используется 61 линия, включая старые 34 линии (рис. 14). Эти линии сгруппированы в соответствии с их назначением:

- информационные шины;
- линии маркеров;
- линии идентификации;
- линии управления;
- специальные линии управления.

31 линия используется для передачи информации (адреса, команды, данных), сигналов управления от канала к устройству управления, а 30 линий для передачи адреса, данных, состояния, сигналов управления от устройства управления к каналу.

Состав и назначение указанных выше линий приведены в табл. 1.

Физически линии усовершенствованного интерфейса ввода-вывода выполнены в виде согласованных двухпроводных или кабельных линий связи. Линии связи конструктивно объединены в 4 кабеля, причем 2 кабеля предназначены для передачи по шинам сигналов информации, а два других — для передачи сигналов управления. Кабели подсоединяются к

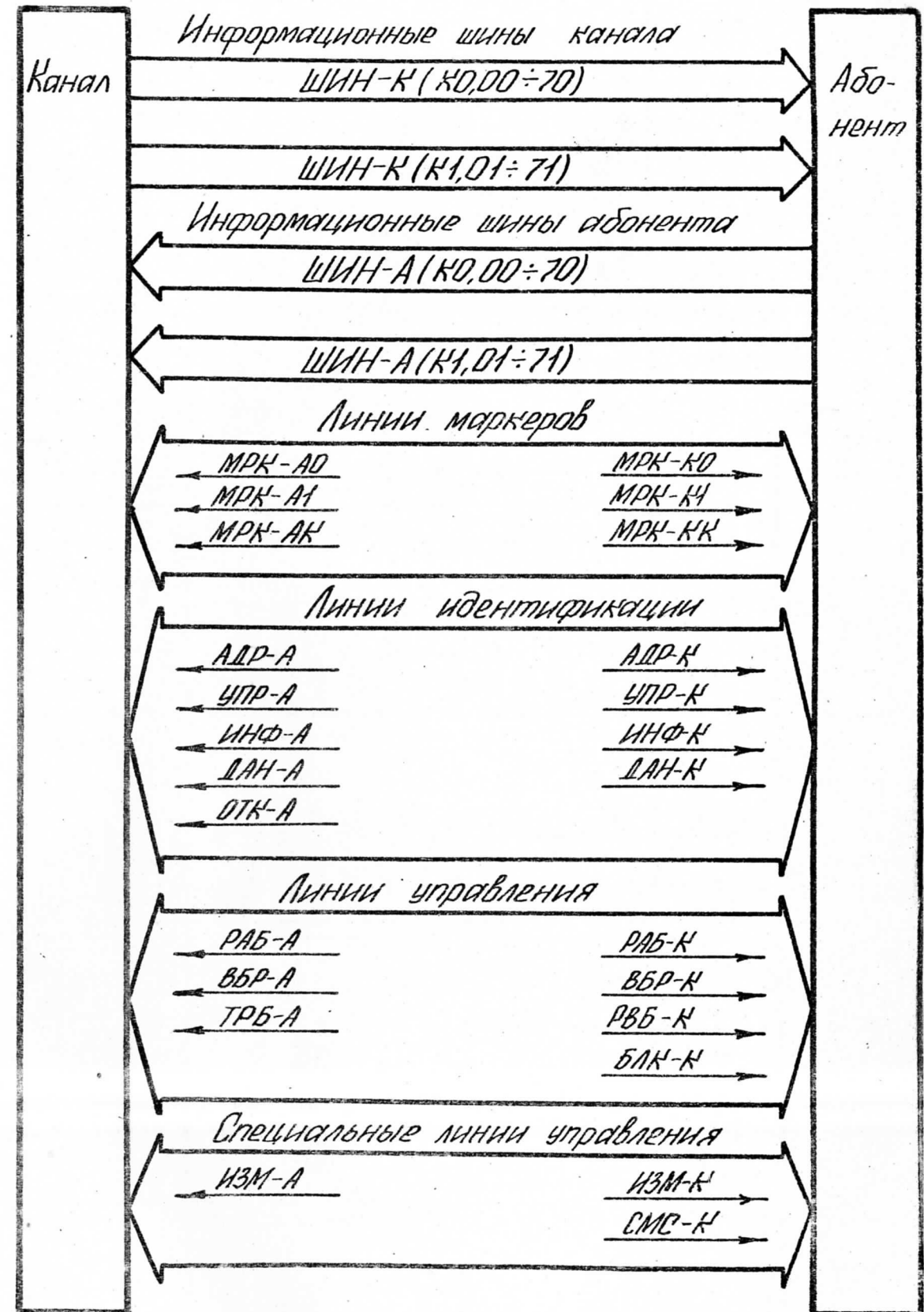


Рис. 14. Усовершенствованный интерфейс ввода-вывода.

Таблица I

| Тип<br>линии           | Наименование                                  | Условное обозначение                     |                                | Назначение  |
|------------------------|---|--|--------------------------------|---|
|                        |   | при расширен-<br>ном составе<br>инф. шин | при однобай-<br>товых<br>шинах |   |
| I. Информацион-<br>ные | ШИНА КАНАЛА КОН-<br>ТРОЛЬ 0<br>ШИНА КАНАЛА 00 | ШИН-К00                                  | ШИН-КК                         | Предназначены для передачи информации<br>(данных, адреса УВВ, команды) от ка-<br>нала к абоненту. |
|                        |   | ШИН-К01                                  | ШИН-КО                         |   |
|                        |   | ШИН-К10                                  | ШИН-К1                         |   |
|                        |   | ШИН-К20                                  | ШИН-К2                         |   |
|                        |   | ШИН-К30                                  | ШИН-К3                         |   |
|                        |   | ШИН-К40                                  | ШИН-К4                         |   |
|                        |   | ШИН-К50                                  | ШИН-К5                         |   |
|                        |   | ШИН-К60                                  | ШИН-К6                         |   |
|                        |   | ШИН-К70                                  | ШИН-К7                         |   |
|                        |   | ШИНА КАНАЛА<br>КОНТРОЛЬ I                | ШИН-КК1                        |   |
|                        | ШИН-КО1                                       |  | То же                          |   |
|                        | ШИН-К11                                       |  | —"                             |   |
|                        | ШИН-К21                                       |  | —"                             |   |
|                        | ШИН-К31                                       |  | —"                             |   |
|                        | ШИН-К41                                       |  | —"                             |   |
|                        | ШИН-К51                                       |  | —"                             |   |
|                        | ШИН-К61                                       |  | —"                             |   |
|                        | ШИН-К71                                       |  | —"                             |   |

| Тип<br>линии | Наименование                                      | Условное обозначение   |                                | Назначение  |           |  |
|--------------|---|--|--------------------------------|---|-----------|--|
|              |   | при расширен-<br>ном составе<br>инф. шин                                     | при одно-<br>байтовых<br>шинах |   |           |  |
|              | ШИНА АБОНЕНТА КОН-<br>ТРОЛЬ 0<br>ШИНА АБОНЕНТА 00 | ШИН-АКО  | ШИН-АК                         | Используется для передачи информации<br>(данные, адреса УВВ, информация о сос-<br>тоянии абонента) от абонента к каналу |           |  |
|              |   | ШИН-АОО  | ШИН-АО                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-АГО  | ШИН-АГ                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-А20  | ШИН-А2                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-А30  | ШИН-А3                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-А40  | ШИН-А4                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-А50  | ШИН-А5                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-А60  | ШИН-А6                         |   |           |  |
|              |   | ШИН-А70  | ШИН-А7                         |   |           |  |
|              |   | ШИНА АБОНЕНТА КОН-<br>ТРОЛЬ I  | ШИН-АКI                        |   | Не исп-ся |  |
|              |   |  | ШИН-АОI                        |   | То же     |  |
|              |   |  | ШИН-АГI                        |   | "-        |  |
|              |   |  | ШИН-А2I                        |   | "-        |  |
|              |   |  | ШИН-А3I                        |   | "-        |  |
|              | ШИН-А4I   |  | "-                             |   |           |  |
|              |   | ШИН-А5I  | "-                             |   |           |  |
|              |   | ШИН-А6I  | "-                             |   |           |  |
|              |   | ШИН-А7I  | "-                             |   |           |  |
|              | 2. Линии мар-<br>керов                            | МАРКЕР АБОНЕНТА 0<br>МАРКЕР КАНАЛА 0<br>МАРКЕР АБОНЕНТА I<br>МАРКЕР КАНАЛА I | МРК-КО<br>МРК-АГ<br>МРК-КГ     |   | МРК-АО    | Предназначены для указания количест-<br>ва применяемых при передаче информа-<br>ции шин канала и шин абонента. |

Продолжение табл. I

| Тип<br>линии                | Наименование   | Условное обозначение  |                             | Назначение   |
|-----------------------------|--|---|-----------------------------|--|
|                             |  | при расширен-<br>ном составе<br>инф. шин                                      | при однобай-<br>товых шинах |  |
|                             | МАРКЕР АБОНЕНТА<br>КОНТРОЛЬ<br>МАРКЕР КАНАЛА<br>КОНТРОЛЬ   | МРК-АК<br>МРК-КК  |                             |  |
| 3. Линии иден-<br>тификации | АДРЕС ОТ КАНАЛА<br>АДРЕС АБОНЕНТА<br>УПРАВЛЕНИЕ ОТ КАНА-<br>ЛА<br>УПРАВЛЕНИЕ ОТ АБО-<br>НЕНТА<br>ИНФОРМАЦИЯ ОТ КА-<br>НАЛА<br>ИНФОРМАЦИЯ ОТ АБО-<br>НЕНТА<br>ДАННЫЕ ОТ КАНАЛА<br>ДАННЫЕ ОТ АБОНЕНТА<br>ОТКЛЮЧЕНИЕ ОТ АБО-<br>НЕНТА | АДР-К<br>АДР-А<br>УПР-К<br>УПР-А<br>ИНФ-К<br>ИНФ-А<br>ДАН-К<br>ДАН-А<br>ОТК-А |                             | Используется для определения информа-<br>ции, находящейся на информационных<br>шинах канала и шинах абонента, и уп-<br>равления ею, для взаимной блокировки<br>сигналов и специальных последователь-<br>ностей сигналов. |
| 4. Линии уп-<br>равления    | РАБОТА КАНАЛА<br>РАБОТА АБОНЕНТА<br>ВЫБОРКА<br>РАЗРЕШЕНИЕ ВЫБОРКИ<br>ОБРАТНАЯ ВЫБОРКА<br>БЛОКИРОВКА<br>ТРЕБОВАНИЕ АБОНЕНТА   | РАБ-К<br>РАБ-А<br>ВБР-К<br>РВЕ-К<br>ВБР-А<br>БЛК-К<br>ТРЕ-А                   |                             | Предназначены для управления выбор-<br>кой абонента, для сканирования и уп-<br>равления, подключением абонента к<br>каналу.  |

| Тип<br>линии                            | Наименование  | Условное обозначение                     |                             | Назначение   |
|---|---|--|-----------------------------|--|
|   |   | при расширен-<br>ном составе<br>инф. шин | при однобай-<br>товых шинах |  |
| 5. Специаль-<br>ные линии<br>управления | ИЗМЕРЕНИЕ ОТ КА-<br>НАЛА<br>ИЗМЕРЕНИЕ ОТ АБО-<br>НЕНТА<br>СМЕНА СОСТОЯНИЯ | ИЗМ-К<br><br>ИЗМ-А<br>СМС-К              |                             | Используется для управления измере-<br>нием времени и сменой состояния |

Комплект шин ШИН-КХ и ШИН-АХГ, где Х принимает значения  $X = (K, 0+7)$ , используется только в каналах и УУ, допускающих работу с расширенным составом информационных шин.

каналу и устройству управления посредством разъемов типа НАБОР на 40 контактов (рис. 15). При физическом отключении устройств управления от интерфейса ввода-вывода кабели соединяются между собой с помощью переходной колодки.

Усовершенствованный интерфейс ввода-вывода ЕС ЭВМ Ряд-2, сохраняя основные функциональные характеристики, параметры, схемы и конструкции электрических связей интерфейса ввода-вывода ЕС ЭВМ Ряд-1, обеспечивает совместимость ранее выпущенных устройств ввода-вывода с устройствами ввода-вывода новых разработок ЕС ЭВМ и имеет средства для выполнения дополнительных функций, расширяющих возможности каналов и устройств ввода-вывода. Средства расширения функций интерфейса ввода-вывода следующие:

- расширение информационных шин;
- маркеры;
- уплотнение информации в шинах;
- повторение выполнения канальной команды;
- селективный сброс, вводимый устройством управления.

Рассмотрим возможность расширения информационных шин.

В усовершенствованной интерфейсе ввода-вывода вводится дополнительно два комплекта информационных шин: нулевой комплект шин (ШИН-АХО, ШИН-КХО) и первый комплект шин (ШИН-АХ1, ШИН-КХ1) (см. табл. 1). Это дает возможность осуществить передачу информации по одному байту или одновременно двух байтов. Следует подчеркнуть, что при всех передачах информации, включая передачу информации по команде СЧИТАТЬ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ, первый байт должен передаваться по нулевому комплекту информационных шин, а второй байт — по первому комплекту. Если длина передаваемого блока данных не является целым кратным по отношению к указанному максимальному количеству комплектов шин, то допускается передача информации с использованием меньшего количества комплектов шин. В этом случае последний байт должен передаваться по нулевому комплекту информационных шин. Устройства ввода-вывода, которые не имеют возможности работать в расширенном режиме, всю передачу информации ведут по нулевому комплекту шин.

Физически все шины нулевого комплекта собраны в разьеме I интерфейса ввода-вывода ЕС ЭВМ Ряд-1, все шины первого комплекта — в разьеме 3 интерфейса ввода-вывода ЕС ЭВМ Ряд-2 (см. рис. 15).

Интерфейс ввода-вывода дополняется 6 линиями передачи сигналов-маркеров (МРК-АК, МРК-АО, МРК-А1, МРК-КК, МРК-КО, МРК-К1), предназначенных для указания, какие комплекты информационных шин (нулевой



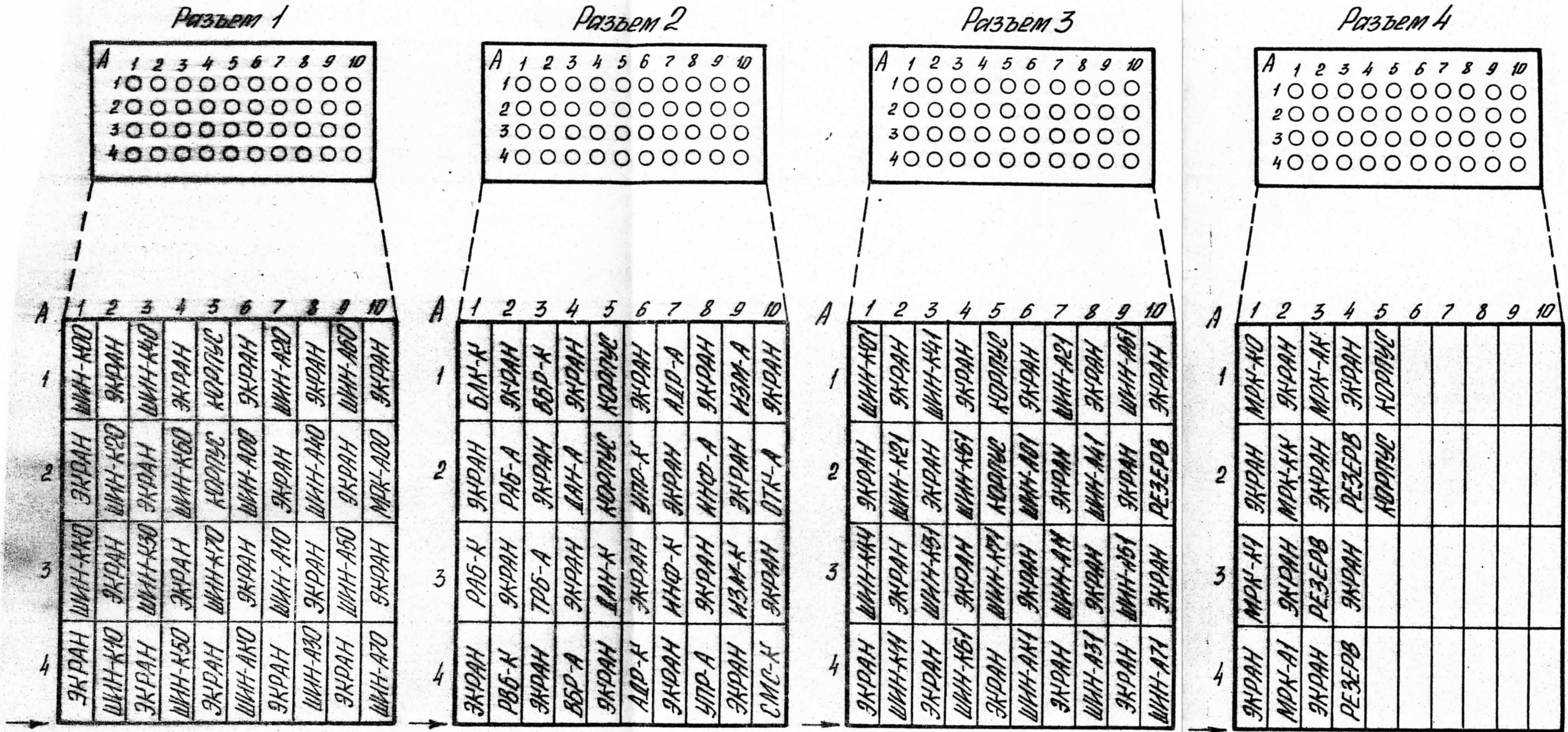


Рис. 15. Назначение контактов в штыревых частях разъемов интерфейса ввода-вывода.

или первый) используется при передаче информации (см. табл. 1). Линии маркеров используются только при расширенном составе информационных шин канала и абонента. Для тех устройств управления, которые работают одновременно с однобайтным интерфейсом ввода-вывода, отсутствует необходимость в линиях маркеров, кроме случая указания необходимости повторения команды.

Чтобы канал знал, может ли работать устройство управления с двухбайтным интерфейсом ввода-вывода, используется последовательность начальной выборки, во время которой одновременно с сигналом АДР-К возбуждается сигнал МРК-КО (рис. 16).

В ответ устройство управления одновременно с сигналом РАБ-А возбуждает сигналы на линиях маркеров абонентов МРК-АО, МРК-АІ, МРК-АК, число которых должно быть нечетно, и сбрасывает сигнал на линии МРК-КО. Приняв указанные сигналы, канал определяет устройство управления для работы с двухбайтным интерфейсом ввода-вывода и сбрасывает сигналы на линиях маркеров абонента (МРК-АІ, МРК-АК), снимая сигнал АДР-К.

При передаче данных от устройства управления к каналу одновременно с возбуждением сигнала ИНФ-А устройство управления возбуждает сигналы МРК-АО, МРК-АІ, МРК-АК, сообщая, тем самым, каналу, что передача данных производится по двум комплектам шин. Канал в ответ возбуждает сигналы ИНФ-К, МРК-КО, МРК-КІ, МРК-КК, подтверждая прием одновременно двухбайтов. Количество возбужденных линий маркеров канала должно быть нечетным.

Сигналы на линиях маркеров должны быть действительны в течение того периода времени, пока информация находится на шинах абонента (ШИН-АХО, ШИН-АХІ).

В последовательности сигналов, включающих передачу информации от канала к устройству управления, сигналы на линиях маркеров канала МРК-КО, МРК-КІ, МРК-КК определяют количество байтов, выдаваемых одновременно на информационные шины канала (ШИН-КХО, ШИН-КХІ), и должны быть действительны в течение того периода времени, пока информация находится на шинах канала. При данном направлении передачи информации сигналы на линиях маркеров абонента указывают количество байтов, требуемых одновременно устройством управления для выполнения операции.

Рассмотрим уплотнения информации в шинах.

Увеличение пропускной способности усовершенствованного интерфейса ввода-вывода достигнуто не только увеличением количества информа-

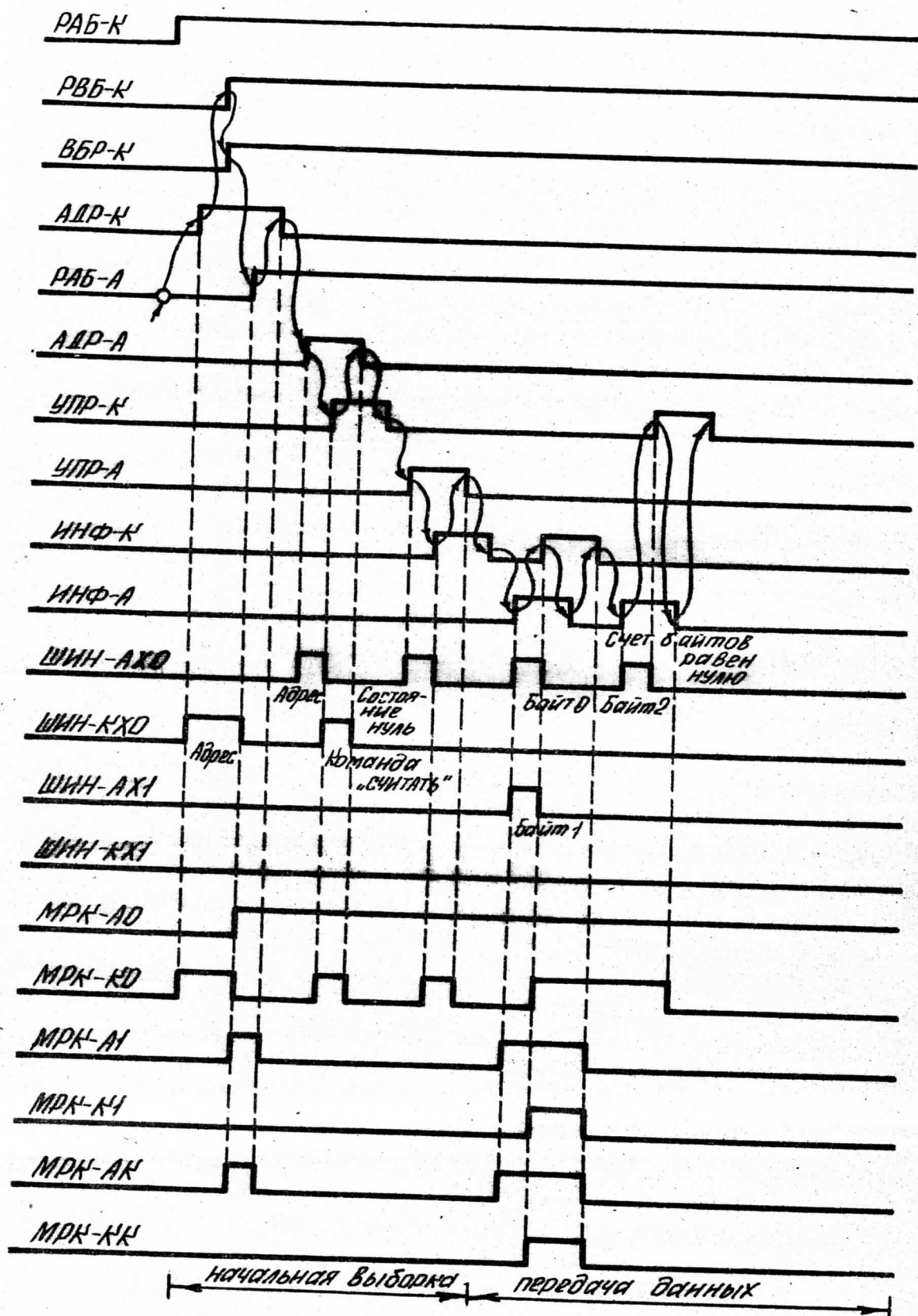


Рис. 16. Использование линий маркеров при передаче информации в монопульсном режиме.

ционных шин, но и уплотнением информации в шинах. Для уплотнения информации в шинах введены две новые линии идентификации: ДАН-К, ДАН-А. (см.табл.1). Эти линии позволяют осуществить следующие возможности:

- удвоить скорость передачи данных по отношению к настоящей;
- удалить некоторые устройства управления на большее расстояние от канала, чем это было возможно ранее.

При выполнении операций считывания, считывания в обратном направлении, уточнение состояния возбуждается линия ДАН-А при наличии информации на информационных шинах абонента ШИН-АХО (рис.17). В ответ на сигнал ДАН-А после приема информации с шин абонента ШИН-АХО канал выставляет сигнал ДАН-К, сообщая, что информация на шинах абонента больше не нужна, причем сигнал ДАН-К должен сохраняться до сброса сигнала ДАН-А.

Во время операций записи и управления возбуждение линии ДАН-А означает запрос на передачу данных по информационным шинам канала. Возбуждение сигнала на линии ДАН-К в ответ на сигнал ДАН-А говорит о том, что требуемая информация находится на информационных шинах канала.

Линии ДАН-К, ДАН-А используют существующие устройства управления, чтобы подальше отодвинуться от канала.

Двукратное уплотнение данных в информационных шинах достигается за счет попеременного возбуждения сигналов ДАН-А и ИНФ-А (рис.18). Сигналы на новых линиях ДАН-А, ДАН-К выдаются в паузах между возбужденным состоянием сигналов на прежних линиях ИНФ-А, ИНФ-К. Необходимо отметить, что сигнал ДАН-А возбуждается только после выдачи сигнала ИНФ-К в ответ на сигнал ИНФ-А, причем сигнал ДАН-А нельзя считать действительным до сброса сигнала ИНФ-А, хотя и сигнал ИНФ-А нельзя считать действительным до сброса сигнала ДАН-А. Сигнал ИНФ-А появляется только после выдачи сигнала ДАН-К в ответ на сигнал ДАН-А.

Рассмотрим повторение команды.

Повторение команды - это совместные действия канала и устройства управления УВВ для повторного выполнения канальной команды без прерывания по вводу-выводу. Эти действия выполняются устройством управления УВВ посредством определенной комбинации указателей в байте состояния КОНЕЦ РАБОТЫ КАНАЛА (КРК), СВОЙ В УСТРОЙСТВЕ (СБУ) и МОДИФИКАТОР СОСТОЯНИЯ (МС). Если повторение команды может быть выполнено немедленно, то устройство управления УВВ выдает каналу байт состояния с указателями КРК, СБУ, МС (указатель повторения) и КОНЕЦ РАБОТ

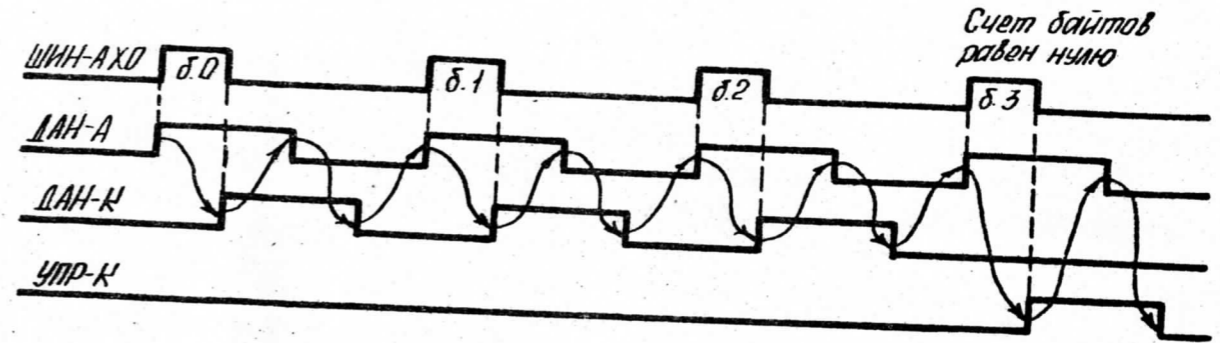


Рис.17. Сопровождение данных по линиям ДАН-А, ДАН-К.

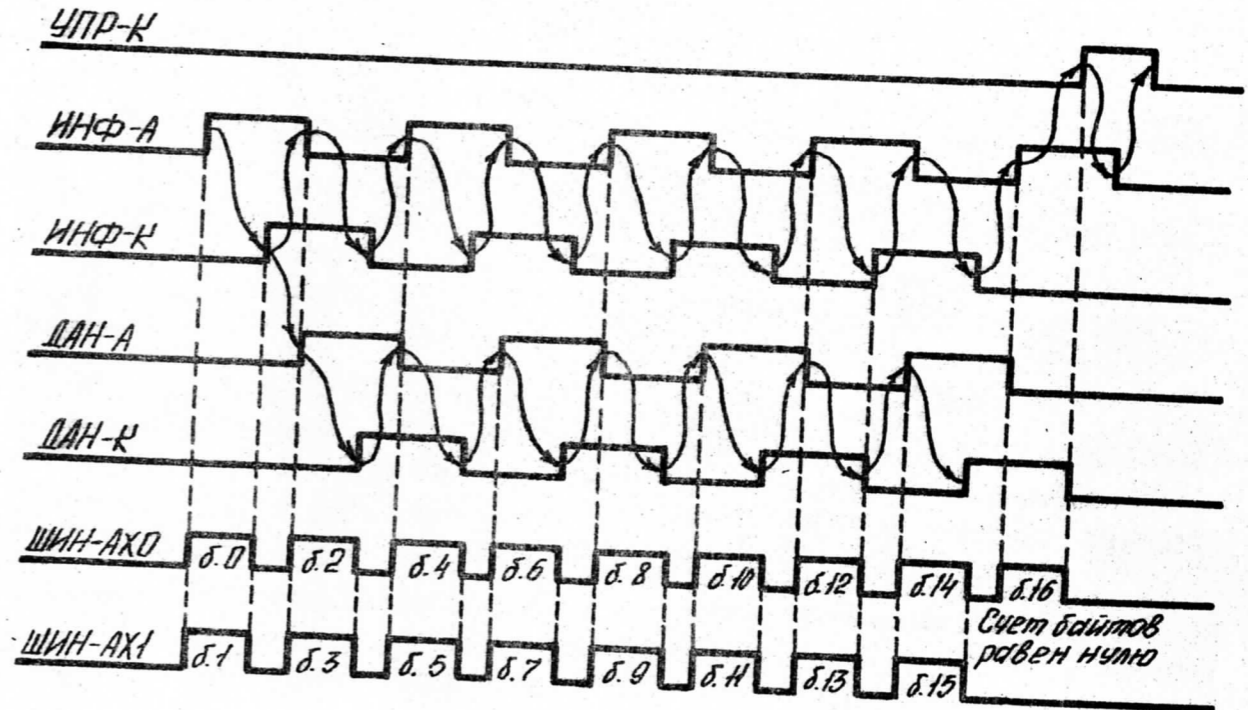


Рис.18. Уплотнение информации, передаваемой по двум комплектам шин.

ТЫ УСТРОЙСТВА (КРУ). Наличие указателя КРУ в байте состояния говорит о том, что устройство управления УВВ готово к немедленному повторению команды. Если немедленное повторение нельзя выполнить, то указатель КРУ задерживается. После приема каналом байте состояния с указателем повторения канал повторяет выполнение программы канала, начиная с последней исполняемой команды.

Процедура повторения команды выполняется устройством управления УВВ при обнаружении им случайной ошибки, которая может быть исправлена при повторении команды, или потому, что его состояние или состояние УВВ препятствовало выполнению предварительно принятой команды.

Для сигнализации о необходимости повторения канальной команды устройство управления УВВ выставляет запрос на повторение команды МРК-АО, байт состояния с указателями КРК, МС, СБУ и сигнал УПР-А (рис. 19). Наличие указателя КРК говорит о том, что устройство управления или устройство ввода-вывода еще не готовы к повторению команды, а наличие сигнала МРК-АО является контрольным (дополнительным) условием, которое указывает, что устройство управления умеет реализовать процедуру повторения команды, и что оно преднамеренно выдало вышеуказанный байт основного состояния на повторение команды.

Канал подтверждает запрос на повторение команды, принимая байт основного состояния с указанием повторения и сигналы МРК-АО, УПР-А, выставляя сигнал ИНФ-К, который снимает сигналы УПР-А, МРК-АО.

Когда устройство управления или устройство ввода-вывода становится готовым к повторению команды, то предоставляется в канал байт основного состояния с указателем КРУ (см. рис. 19). Приняв этот байт, канал организует последовательность начальной выборки по цепочке команд, выдавая ту команду, на которой произошел сбой, т.е. повторяет предыдущую команду. Если в ответ устройство управления представляет в канал байт основного состояния с указателем КРК, т.е. ошибка исправлена, то выполнение команды закончилось успешно, возбуждается сигнал ИНФ-К, устройство управления логически отключается от канала.

Если при неоднократном повторении команды ошибка в устройстве управления не была исправлена, то выдается в канал байт основного состояния с указателем СБУ. Цепочка команд завершается.

Если во время ожидания появления указателя КРУ, вдруг было обнаружено, что случайная ошибка исчезла, устройство управления выдает в канал байт основного состояния с указателями КРУ, МС. В этом

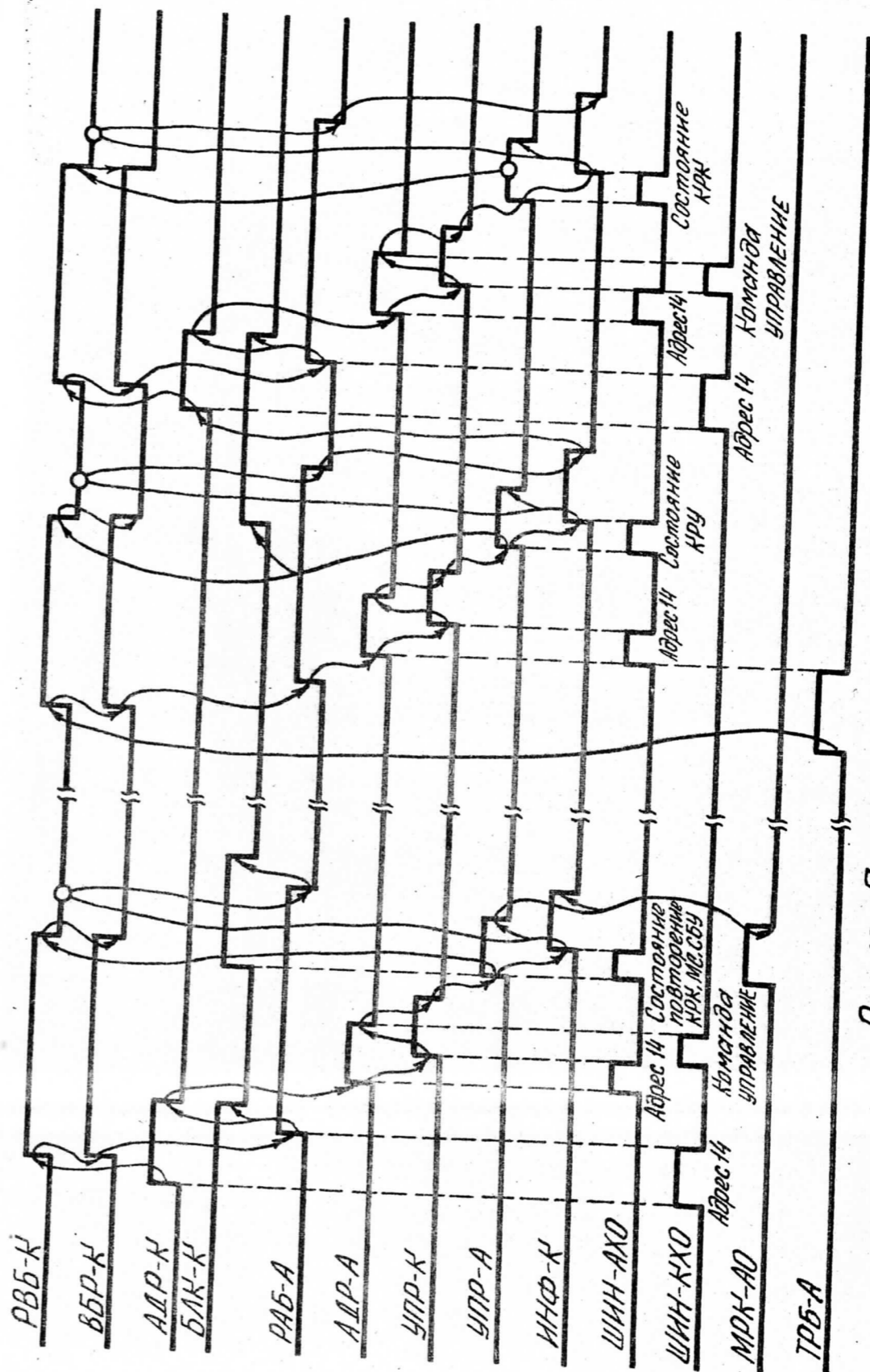


Рис. 19. Процедура повторения команды.

случае посредством приема этого байта, содержащего указатель повторения без указания цепочки команд, канал отвергает запрос на повторение команды, т.е. отменяет процедуру повторения команды, организует последовательность начальной выборки, выдавая в устройство управления следующую команду, т.е. команду, которая должна следовать за предыдущей. Начинается выполнение следующей операции, задаваемой каналом.

Канал отменяет также повторение команды путем организации последовательности ЗАПОМНИТЬ СОСТОЯНИЕ (отвечая на сигнал УПР-А сигналом УПР-К).

Селективный сброс, вводимый устройством управления, является одним из возможных средств ликвидации ситуации "зависания" интерфейса ввода-вывода. Подобная ситуация возникает в тех случаях, когда в результате сбоя или неисправности оборудования канала или УУ последовательность сигналов не может быть продолжена и необходимо вмешательство программы, канала или оператора для восстановления работоспособности интерфейса ввода-вывода.

С помощью введенной новой линии ОТК-А (см. табл. 1) устройство управления может сигнализировать о наличии в нем сбоя или неисправности, препятствующей правильному продолжению операции ввода-вывода. Например, такая ситуация может возникнуть, когда устройство управления с микропрограммным управлением обнаружит сбой в ЦЗУ во время совместной работы с каналом. В этом случае устройство управления не может правильно завершить последовательность сигналов в интерфейсе ввода-вывода, не имеет возможности само сброситься, а просит об этом канал, чтобы вызвать принудительный сброс со стороны канала.

Возбуждение сигнала на линии ОТК-А во время выполнения последовательности сигналов выборки, вводимой устройством управления, допускается после выдачи сигнала АДР-А и соответственно адреса на информационные шины абонента ШИН-А.

В ответ на поступление сигнала по линии ОТК-А канал выполняет селективный сброс, посылая сигнал БЛК-К. Снимается сигнал РАБ-А, а затем по истечении 100 нс от его сброса сбрасывается сигнал ОТК-А. Передача данных запрещается, устройство управления логически отключается от канала.

### СВЯЗЬ ПРОЦЕССОРА С УСТРОЙСТВОМ ЕС-4001

С устройством ЕС-4001 связаны следующие основные блоки, входящие в состав процессора:

- блоки центрального управления;
- блоки управления памятью;
- блок контроля и диагностики.

Перечисленные выше блоки имеют следующее назначение.

Блоки центрального управления (ЦУ) предназначены для выборки, распаковки и буферирования команд и выполнения системных функций. Блоки управления памятью (УП) обеспечивают взаимодействие каналов и блоков центрального управления с оперативной памятью.

Блок контроля и диагностики (КД) осуществляет контроль содержания памяти микропрограмм, обнаружение и локализацию сбоев в процессоре и в каналах, регистрирует события в системе.

Связь процессора с каналами устройства ЕС-4001, которую выполняет ЦУ, осуществляется в начале операции ввода-вывода с целью выдачи исходных данных для ее организации, в конце операции ввода-вывода - для получения информации о характере ее выполнения, а иногда во время операции ввода-вывода - для получения текущей информации или прекращения выполнения операции. С помощью блоков УП каждый канал устройства ЕС-4001 выполняет ввод-вывод информации в оперативную память под управлением своей собственной программы - программы канала, хранимой в оперативной памяти. Программа канала состоит из последовательности команд, управляющих работой канала и предписывающих достаточно сложную последовательность действий, связанных с вводом-выводом информации. Чтобы контролировать правильность выполнения программы канала, используются схемы контроля канала. Для проверки функционирования схем контроля необходим каналу блок КД.

Для нормального функционирования всей вычислительной системы блоки ЦУ, УП, КД связаны с каждым из 4-х каналов устройства ЕС-4001 тремя видами сопряжений, образующих вместе общее сопряжение процессор-каналы:

- сопряжение устройство ЕС-4001 - блоки центрального управления;
- сопряжение устройство ЕС-4001 - блоки управления памятью;
- сопряжение устройство ЕС-4001 - блок контроля и диагностики.

Сопряжением устройство ЕС-4001 - блоки центрального управления обеспечивает передачу служебной информации и управляющих сигналов от ЦУ к каналам устройства ЕС-4001 и от каналов к ЦУ.

Сопряжение устройство ЕС-4001 - блоки управления памятью предназначено для передачи данных, служебной информации и управляющих сигналов между каналами и оперативной памятью через УП.

Сопряжение устройство ЕС-4001 - блок контроля и диагностики обеспечивает установку режима диагностики в каналах.

Связи процессора с устройством ЕС-4001 выполняются вне стойки процессора коаксиальным кабелем ИКМ-6. Длина кабеля между стойками процессора и каналов не должна превышать 8 м. Для передачи каждого сигнала используется одна тройка жил: средняя жила-сигнальная, крайние жилы - экранирующие.

Линии связи между процессором и каналами согласованы последовательным способом в начале линии. Согласующий элемент содержит два резистора с номинальными значениями 510 Ом, 750 Ом. Резистор 510 Ом включен между выходом микросхемы и шиной питания (-5,2 В), резистор 750 Ом включен между выходом микросхемы и согласуемой линией. На конце линии у приемных микросхем при таком способе согласования резисторы отсутствуют.

Кабели подключаются к стойке процессора посредством разъемов.

Для работы с каналами используются следующие блоки ЦУ:

- блок команд;
- блок микропрограммного управления;
- блок прерываний.

Блок команд (БК) предназначен для выборки команд ввода-вывода из оперативной памяти и подготовки их для исполнения в каналах.

Блок микропрограммного управления (МУ) вырабатывает последовательности управляющих сигналов, определяющих режимы работы процессора и временные диаграммы обработки команд.

Блок прерываний (БП) обрабатывает условия прерывания, возникающие в каналах.

Взаимодействие между блоками ЦУ и каналами обеспечивается набором шин, общим для всех каналов и радиальных линий, индивидуальных для каждого канала, позволяющими использовать каналы в режиме выполнения процессорных команд ввода-вывода и учета прерываний от каналов (рис. 20). Состав и назначение шин и радиальных линий сопряжения устройство ЕС-4001 - блоки ЦУ приведены в табл. 1.

Работа канала по выполнению процессорных команд ввода-вывода начинается установкой сигнала готовности канала к работе и приема из ЦУ признака команды ввода-вывода, адреса УВВ, для которого канал должен выполнять команду ввода-вывода, и сигнала разрешения блок-мультиплексного режима выполнения команд ввода-вывода. Затем из ЦУ в

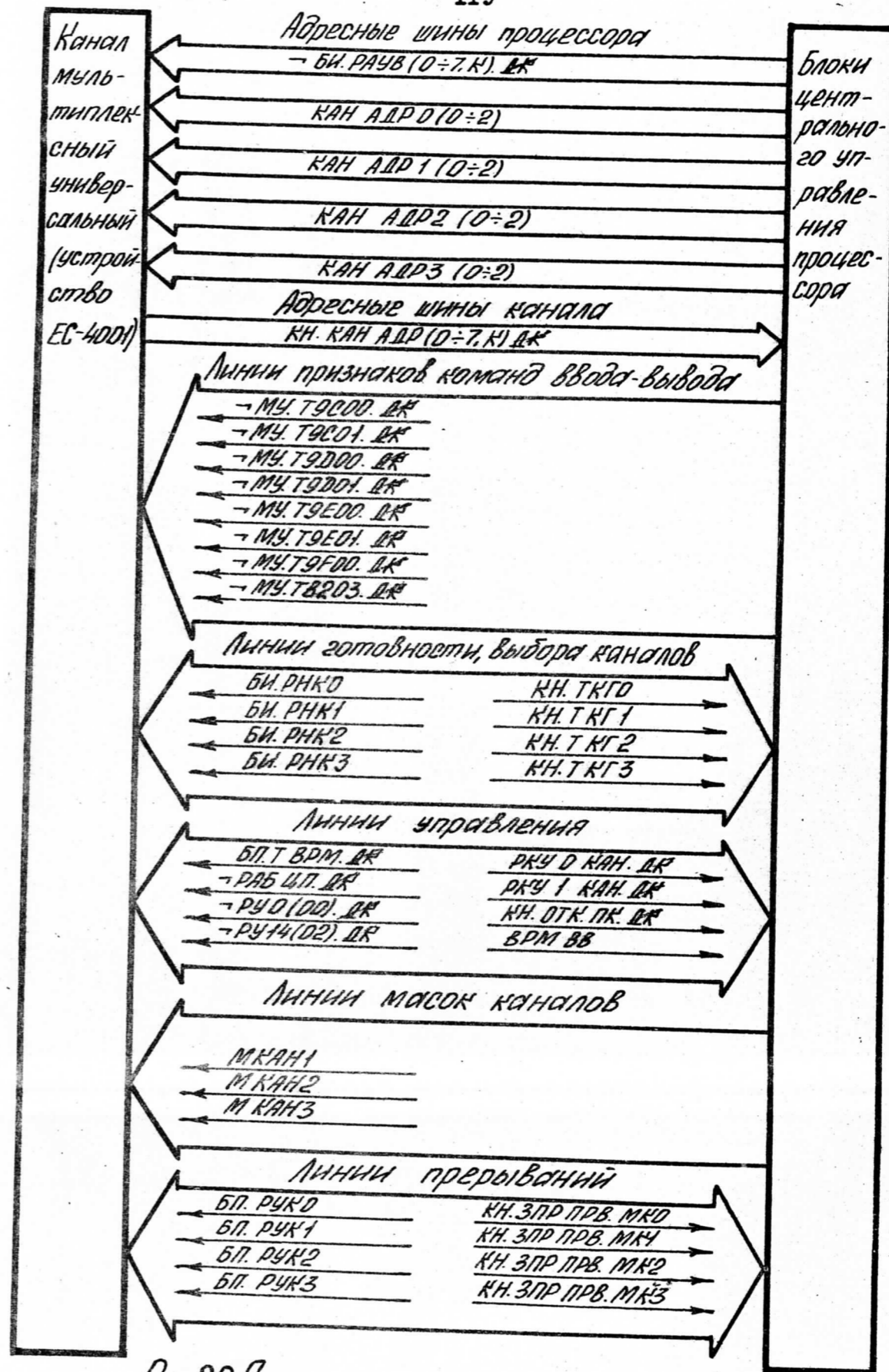


Рис. 20. Сопряжение устройство ЕС-4001 - блоки центрального управления.

Таблица I

| Тип линии                   | Наименование                                    | Условные обозначения | Назначение   |
|-----------------------------|---|----------------------|--|
| I. Адресные шины процессора | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 0        | БИ.РАУВ0.ДК          | Предназначены для передачи адреса УВВ от процессора к каналу |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 1        | БИ.РАУВ1.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 2        | БИ.РАУВ2.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 3        | БИ.РАУВ3.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 4-       | БИ.РАУВ4.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 5        | БИ.РАУВ5.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 6        | БИ.РАУВ6.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА 7        | БИ.РАУВ7.ДК          |  |
|                             | РЕГИСТР АДРЕСА УСТРОЙСТВА ВВОДА-ВЫВОДА КОНТРОЛЬ | БИ.РАУВК.ДК          |  |
|                             | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 0 (0)                           | КАН АДР 0 (0)        | Служит для передачи каналу 0 его адреса от процессора        |
|                             | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 0 (1)                           | КАН АДР 0 (1)        |  |
|                             | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 0 (2)                           | КАН АДР 0 (2)        |  |
|                             | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 1 (0)                           | КАН АДР 1 (0)        | Используются для передачи каналу 1 его адреса от процессора  |
|                             | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 1 (1)                           | КАН АДР 1 (1)        |  |
|                             | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 1 (2)                           | КАН АДР 1 (2)        |  |



| Тип линии                              | Наименование                      | Условное обозначение | Назначение  |
|--|-----------------------------------|----------------------|---|
| 2. Адресные шины канала                | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 2 (0)             | КАН АДР 2(0)         | Предназначены для передачи каналу 2 его адреса от процессора                    |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 2 (1)             | КАН АДР 2(1)         |   |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 2 (2)             | КАН АДР 2(2)         |   |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 3 (0)             | КАН АДР 3(0)         | Служат для передачи каналу 3 его адреса от процессора                           |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 3 (1)             | КАН АДР 3(1)         |   |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 3 (2)             | КАН АДР 3(2)         |   |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 0                 | КН.КАН АДР(0).ДК     | Используется для передачи адреса УВВ от канала к процессору                     |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 1                 | КН.КАН АДР(1).ДК     |   |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 2                 | КН.КАН АДР(2).ДК     |   |
|  | КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 3                 | КН.КАН АДР(3).ДК     |   |
| КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 4                      | КН.КАН АДР(4).ДК                  |                      |   |
| КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 5                      | КН.КАН АДР(5).ДК                  |                      |   |
| КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 6                      | КН.КАН АДР(6).ДК                  |                      |   |
| КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС 7                      | КН.КАН АДР(7).ДК                  |                      |   |
| КАНАЛЬНЫЙ АДРЕС КОНТРОЛЬ               | КН.КАН АДР(К).ДК                  |                      |   |
| 3. Линии признаков команд ввода-вывода | НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД                 | МУ.Т9С00.ДК          | Предназначены для передачи от процессора к каналу признаков команд ввода-вывода |
|  | НАЧАТЬ ВВОД-ВЫВОД С БЫСТРЫМ ОТКЛ. | МУ.Т9С01.ДК          |   |
|  | ПРОВЕРИТЬ ВВОД-ВЫВОД              | МУ.Т9 00.ДК          |   |
|  | ОСВОБОДИТЬ ВВОД-ВЫВОД             | МУ.Т9 01.ДК          |   |
|  | ОСТАНОВИТЬ ВВОД-ВЫВОД             | МУ.Т9Е00.ДК          |   |
|  | ОСТАНОВИТЬ УСТРОЙСТВО             | МУ.Т9Е01.ДК          |   |
|  | ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ                   | МУ.Т9Г00.ДК          |   |
|  | ЗАПИСАТЬ ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА     | МУ.ТВ203.ДК          |   |

| Тип линии                          | Наименование                              | Условное обозначение        | Назначение   |
|------------------------------------|---|-----------------------------|--|
| 4. Линии готовности выбора каналов | ТРИГГЕР КАНАЛ ГОТОВ 0                     | КН.Т КГ 0                   | Используется для указания процессору, что канал готов к работе в совместном режиме<br><br>Предназначены для сопровождения команд-ввода-вывода при инициализации канала   |
|                                    | ТРИГГЕР КАНАЛ ГОТОВ 1                     | КН.Т КГ 1                   |  |
|                                    | ТРИГГЕР КАНАЛ ГОТОВ 2                     | КН.Т КГ 2                   |  |
|                                    | ТРИГГЕР КАНАЛ ГОТОВ 3                     | КН.Т КГ 3                   |  |
|                                    | РЕГИСТР НОМЕРА КАНАЛА 0                   | БИ.РНК0                     |  |
|                                    | РЕГИСТР НОМЕРА КАНАЛА 1                   | БИ.РНК1                     |  |
|                                    | РЕГИСТР НОМЕРА КАНАЛА 2                   | БИ.РНК2                     |  |
|                                    | РЕГИСТР НОМЕРА КАНАЛА 3                   | БИ.РНК3                     |  |
| 5. Линии управления                | ТРИГГЕР ВРЕМЯ                             | БП.ТВРМ.ДК                  | Разрешает устройству отключить счетчик времени<br><br>Задаёт каналу блок-мультиплексный режим<br><br>Разрешает каналу использовать область расширенной регистрации ОП<br><br>Разрешает процессору включить счетчик времени<br><br>Служат для передачи процессору информации о результате выполнения команды ввода-вывода |
|                                    | РАБОТА ПРОЦЕССОРА                         | РАБЦП.ДК                    |  |
|                                    | РАЗРЕШЕНИЕ БЛОК -МУЛЬТИПЛЕКСНОГО РЕЖИМА   | РУО(00).ДК                  |  |
|                                    | МАСКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ В КАНАЛЕ | РУ14(02).ДК                 |  |
|                                    | ВРЕМЯ ВВОДА-ВЫВОДА                        | ВРМ ВВ                      |  |
|                                    | РЕГИСТР КОДА УСЛОВИЯ 0                    | РКУ0 КАН.ДК                 |  |
|                                    | РЕГИСТР КОДА УСЛОВИЯ 1<br>ОТКЛЮЧЕНИЕ      | РКУ1 КАН.ДК<br>КН.ОТК.ПК.ДК |  |
| 6. Линии масок каналов             | МАСКА КАНАЛА 1                            | МКАН1                       | Предназначена для сообщения блок-мультиплексному каналу, что прерывание от данного канала замаскировано  |
|                                    | МАСКА КАНАЛА 2                            | МКАН2                       |  |
|                                    | МАСКА КАНАЛА 3                            | МКАН3                       |  |

| Тип линии           | Наименование                  | Условные обозначения | Назначение  |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---|
| 7. Линии прерываний | ЗАПРОС НА ПРЕРЫВАНИЕ КАНАЛА 0 | КН.ЗПР ПРВ.МК0       | Служат для передачи от канала к процессору запроса на прерывание                                    |
|                     | ЗАПРОС НА ПРЕРЫВАНИЕ КАНАЛА 1 | КН.ЗПР ПРВ.МК1       |   |
|                     | ЗАПРОС НА ПРЕРЫВАНИЕ КАНАЛА 2 | КН.ЗПР ПРВ.МК2       |   |
|                     | ЗАПРОС НА ПРЕРЫВАНИЕ КАНАЛА 3 | КН.ЗПР ПРВ.МК3       |   |
|                     | РЕГИСТР УЧЕТА КАНАЛА 0        | БП.РУК0              | Используются для логического подключения канала к процессору или выполнения прерывания ввода-вывода |
|                     | РЕГИСТР УЧЕТА КАНАЛА 1        | БП.РУК1              |   |
|                     | РЕГИСТР УЧЕТА КАНАЛА 2        | БП.РУК2              |   |
|                     | РЕГИСТР УЧЕТА КАНАЛА 3        | БП.РУК3              |   |

канал поступает сигнал выбора канала, по которому определяется состояние канала. Если канал работает в монопольном режиме, неработоспособен или выполняется команда ввода-вывода ПРОВЕРИТЬ КАНАЛ, то в ЦУ выдается соответствующий признак результата и сигнал отключения канала от процессора. В ЦУ сбрасывается сигнал выбора канала. Выполнение команды ввода-вывода на этом заканчивается.

Если канал принял команду ввода-вывода к исполнению, он инициирует каналную программу, формирует последовательность команд, необходимую для управления УВВ, и выдает в ЦУ признак результата выполнения процессорной команды ввода-вывода РКУ.О КАН, РКУ.І КАН и сигнал отключения ОТКЛ.К, по которому логическая связь канала с процессором прекращается.

Следовательно, после завершения процессорной команды ввода-вывода устанавливается признак результата, который показывает, выполнил или нет канал то, что ему было указано в команде ввода-вывода, и если нет, то по какой причине. Если по шинам связи в канал поступает адрес УВВ с неправильной четностью или в результате выполнения заданной процессором команды ввода-вывода был обнаружен сбой, а также по окончании операции ввода-вывода формируется и выдается в ЦУ запрос на прерывание для записи в ОП ССК. Запросы на прерывание могут поступить от нескольких каналов одновременно, поэтому обработка прерываний от каналов в ЦУ производится в соответствии с установленными приоритетами.

Получив от канала запрос на прерывание, блок прерываний ЦУ останавливает свою работу при обработке прерывания и выдает в канал сигнал учета прерывания ПУ.РК в зависимости от сигнала маски МКАН. При обработке прерывания ввода-вывода код прерывания частично формируется каналом, поэтому запись старого ССП не производится до тех пор, пока канал не выдаст необходимую для этого информацию.

При поступлении из ЦУ сигнала учета прерывания в канале выполняется процедура учета прерывания, в результате которой снимается запрос на прерывание в канале (поэтому кратковременные замаскированные запросы от каналов могут быть не обработаны процессором) и только для одного из ожидающих подканалов в порядке приоритетного обслуживания записывается ССК.

По окончании записи ССК в ОП канал выдает на входные шины связи с ЦУ код прерывания ПУ.КАН АДР (0 ÷ 7, К), т.е. адрес устройства ввода-вывода, к которому относится это прерывание.

После окончания обработки сигнала учета прерывания канал выдает ЦУ, еще кроме кода прерывания, сигнал отключения канала от процессора,

по которому возобновляется работа по записи старого ССП.

Таким образом, самое главное в процедуре учета прерывания — записать ССК в ОП и выдать код прерывания в процессор. Обработка прерываний в блоке прерываний ЦУ производится в соответствии с установленными приоритетами и заключается в записи необходимой информации о прерывании, старого ССП в ОП и считывании нового ССП.

Каналы не имеют непосредственной связи с оперативной памятью и используют для обращения к памяти соответствующие блоки управления памяти (УП).

Поскольку канал и ЦУ работают параллельно, возможны одновременные обращения к памяти как со стороны ЦУ, так и со стороны канала. Блоки УП производят приоритетный выбор в случае одновременных обращений к оперативной памяти. Обычно предпочтение выдается каналу, т.к. его обращение к оперативной памяти происходит реже, а срочность исполнения запросов канала может быть более высокой.

Устройство ЕС-400І связано с блоками УП шинами ключей защиты памяти, шинами маркеров, адресными и информационными шинами и радиальными линиями (рис. 21). Состав и назначение шин и радиальных линий сопряжения устройство ЕС-400І — блоки УП приведены в табл. 2.

Канал формирует запросное слово обмена, включающее в свой состав адрес, ключ защиты памяти, признаки режимов работы, маркеры и информацию при записи, выставляет запросы на обмен в УП, обеспечивает выдачу запросного слова при удовлетворении запроса и принимает информацию из оперативной памяти при выборке. При обращении к стандартным ячейкам ОП, например, ССК, формируется в канале нулевой ключ защиты.

При обращении к оперативной памяти в режиме записи информации в канале формируется запросное слово: ЗПМ КАН, ЗОН КАН, АДР КАН (00 ÷ 23, КО ÷ К2), МРК КАН (0 ÷ 7, К), КЛ КАН (0 ÷ 3, К), ИНФ КАН (00 ÷ 63, КО ÷ К7). По окончании формирования запросного слова канал готов к записи информации в оперативную память, поэтому он выставляет запрос в УП для передачи информации ЗПР.УП.

Необходимо подчеркнуть, что в канале производится контроль за признаками запроса: в момент обращения к ОП должен присутствовать только один запрос; в противном случае возникает сбой управления каналом. Если от нескольких каналов поступят запросы в УП на запись информации в ОП одновременно, то они обрабатываются по приоритету. Выбранный по приоритету в УП запрос блокирует поступление в УП следующего, хотя и высшего по приоритету, запроса и разрешает выдачу ответного сигнала УП.СЧТ.КАН, по которому сбрасывается запрос канала и разрешается считывание запросного слова в УП.

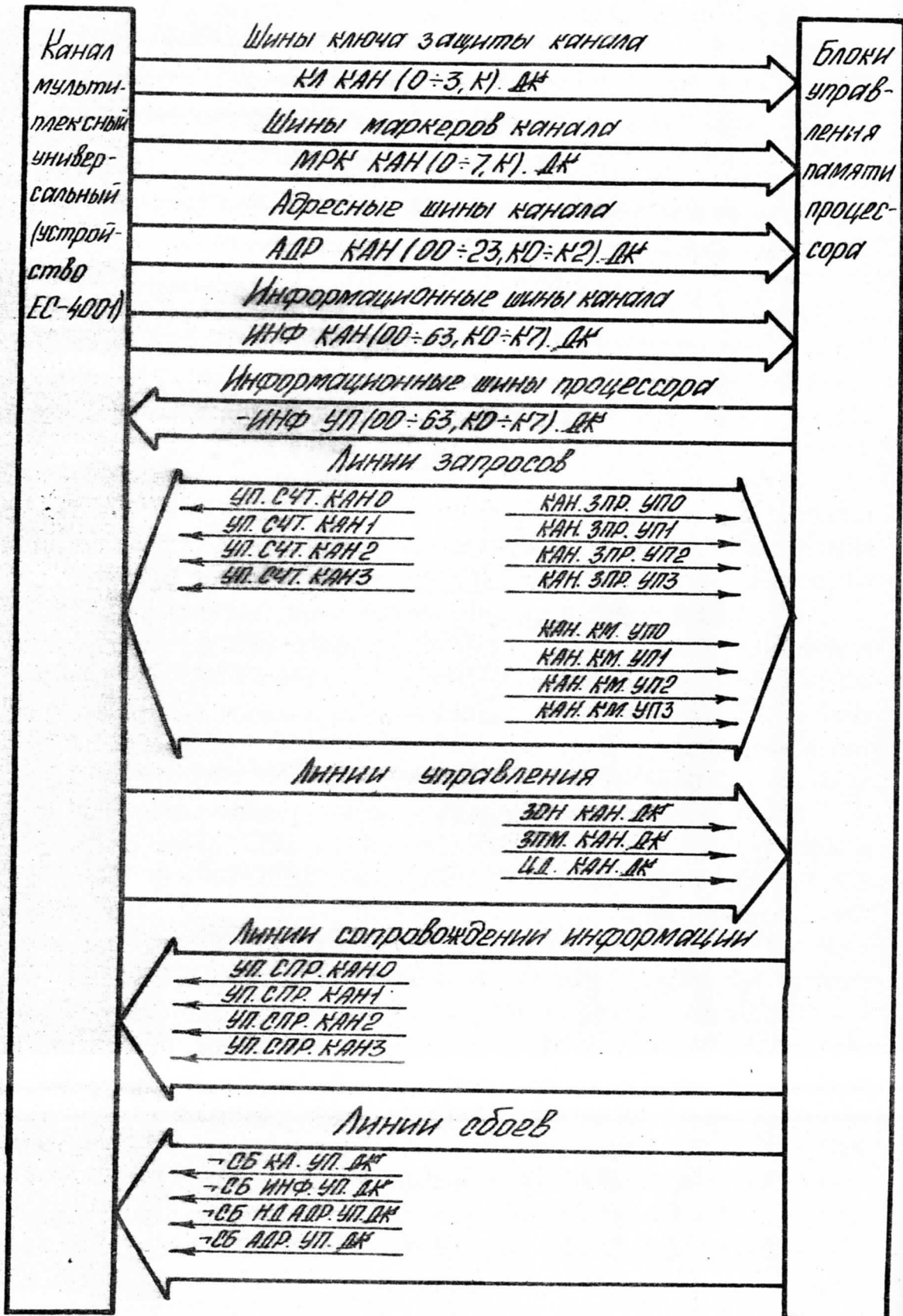


Рис. 21. Сопряжение устройство ES-4001 - блоки управления памятью процессора.

| Тип линии                         | Наименование  | Условные обозначения  | Назначение   |
|-----------------------------------|---|---|--|
| 1. Шина ключа защиты канала       | КЛЮЧ КАНАЛА (0)<br>КЛЮЧ КАНАЛА (1)<br>КЛЮЧ КАНАЛА (2)<br>КЛЮЧ КАНАЛА (3)<br>КЛЮЧ КАНАЛА (K)   | КЛ КАН(0).ДК<br>КЛ КАН(1).ДК<br>КЛ КАН(2).ДК<br>КЛ КАН(3).ДК<br>КЛ КАН(K).ДК  | Предназначены для передачи в УП ключа защиты канала  |
| 2. Шины маркеров канала           | МАРКЕР КАНАЛА (0)<br>МАРКЕР КАНАЛА (1)<br>МАРКЕР КАНАЛА (2)<br>МАРКЕР КАНАЛА (3)<br>МАРКЕР КАНАЛА (4)<br>МАРКЕР КАНАЛА (5)<br>МАРКЕР КАНАЛА (6)<br>МАРКЕР КАНАЛА (7)<br>МАРКЕР КАНАЛА (K) | МРК КАН(0).ДК<br>МРК КАН(1).ДК<br>МРК КАН(2).ДК<br>МРК КАН(3).ДК<br>МРК КАН(4).ДК<br>МРК КАН(5).ДК<br>МРК КАН(6).ДК<br>МРК КАН(7).ДК<br>МРК КАН(K).ДК | Используются для сообщения УП о том, какие номера байтов информации должны записываться в ОП |
| 3. Адресные шины канала           | АДРЕС ОТ КАНАЛА   | АДР КАН (00+23, K0+K2)ДК  | Служат для передачи в процессор адреса обращения в ОП  |
| 4. Информационные шины канала     | ИНФОРМАЦИЯ КАНАЛА   | ИНФ КАН (00+63, K0+K7).ДК   | Предназначены для передачи данных и служебной информации от канала в УП                      |
| 5. Информационные шины процессора | ИНФОРМАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПАМЯТЬЮ   | ИНФ УП (00+63, K0+K7).ДК  | Используются для передачи данных и служебной информации из УП в канал                        |

| Тип линии                         | Наименование        | Условные обозначения          | Назначение   |  |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|--|--|
| 6. Линии запросов                 | ЗАПРОС 0            | КАН.ЗПР.УП0                   | Служат для сигнализации УП о том, что каналу необходимо обратиться в ОП  |  |
|                                   | ЗАПРОС 1            | КАН.ЗПР.УП1                   |  |  |
|                                   | ЗАПРОС 2            | КАН.ЗПР.УП2                   |  |  |
|                                   | ЗАПРОС 3            | КАН.ЗПР.УП3                   |  |  |
|                                   | КОНЕЦ МАССИВА 0     | КАН.КМ.УП0                    | Предназначены для сообщения УП о том, что канал завершает работу с массивом данных   |  |
|                                   | КОНЕЦ МАССИВА 1     | КАН.КМ.УП1                    |  |  |
|                                   | КОНЕЦ МАССИВА 2     | КАН.КМ.УП2                    |  |  |
|                                   | КОНЕЦ МАССИВА 3     | КАН.КМ.УП3                    |  |  |
|                                   | СЧИТЫВАНИЕ 0        | УП.СЧТ.КАНО                   | Используются для указания каналу о том, что его запросное слово необходимо выдать в УП   |  |
|                                   | СЧИТЫВАНИЕ 1        | УП.СЧТ.КАН1                   |  |  |
|                                   | СЧИТЫВАНИЕ 2        | УП.СЧТ.КАН2                   |  |  |
|                                   | СЧИТЫВАНИЕ 3        | УП.СЧТ.КАН3                   |  |  |
|                                   | 7. Линии управления | ЗАПИСЬ В ОБРАТНОМ НАПРАВЛЕНИИ | ЗОН КАН.ДК   | Служат для указания УП о том, что канал выполняет режим записи в обратном направлении, режим цепочки данных при обращении в ОП |
|                                   |                     | ЗАПОМИНАНИЕ                   | ЗПМ КАН.ДК   |  |
| ЦЕПОЧКА ДАННЫХ                    |                     | ЦД КАН.ДК                     |  |  |
| 8. Линии сопровождения информации | СОПРОВОЖДЕНИЕ 0     | УП.СПР КАН 0                  | Предназначены для сообщения каналу о том, что обращение в ОП завершено или в УП имеется информация о сбоях или данные для канала |  |
|                                   | СОПРОВОЖДЕНИЕ 1     | УП.СПР КАН1                   |  |  |
|                                   | СОПРОВОЖДЕНИЕ 2     | УП.СПР КАН2                   |  |  |
|                                   | СОПРОВОЖДЕНИЕ 3     | УП.СПР КАН3                   |  |  |
| 9. Линии сбоев                    | СВОЙ КЛЮЧА          | СБ КЛ.УП.ДК                   | Используется для указания каналу о том, что в УП обнаружено несоответствие ключей защиты при обращении канала в ОП               |  |

| Тип линии | Наименование                   | Условные обозначения | Назначение  |
|-----------|--------------------------------|----------------------|---|
|           | СБОЙ ИНФОРМАЦИИ                | СБ ИНФ.УП.ДК         | Служит для сообщения канала о том, что в УП обнаружен сбой четности данных при обращении канала в ОП  |
|           | СБОЙ НЕДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ АДРЕСА | СБ НД АДР.УП.ДК      | Предназначена для сигнализации каналу о том, что адрес обращения в ОП, превышает возможную адресацию  |
|           | СБОЙ АДРЕСА                    | СБ АДР.УП.ДК         | Используется для указания каналу о том, что в УП обнаружен сбой четности адреса обращения канала в ОП |



При приеме запросного слова в УП выдается сигнал в канал УП.СПР.КАН..

Затем каналом выставляется следующий запрос, который удовлетворяется УП, считывается очередное запросное слово и т.д. Четвертое запросное слово сопровождается сигналом завершения передачи четырех запросных слов, накопленных в канале, КАН.КМ.УП.

Каждому байту информации, записываемому в ОП, соответствует свой маркер. Если данный разряд маркеров содержит 1, то соответствующий ему байт записывается в ОП, в противном случае запись байта не осуществляется.

В режиме чтения информации из ОП запросное слово канала включает в свой состав адрес ячейки ОП, откуда выбирается информация, ключ защиты памяти, признаки режимов работы памяти. В результате выборки из ОП информация поступает в канал в сопровождении сигнала УП.СПР.КАН. Поступившая в канал информация контролируется на нечетность. При обнаружении неправильной четности формируется ошибка.

При поступлении запросного слова в УП осуществляется контроль на нечетность адреса ячейки памяти, кода ключа защиты, записываемой информации, а также на принадлежность адреса ячейки памяти к заданной конфигурации памяти. При обнаружении сбоев вырабатываются соответствующие сигналы сбоев, которые поступают в канал в сопровождении сигнала УП.СПР.КАН.

Каналы устройства ЕС-4001 выполняют тестирование памяти и схем контроля по команде процессора ДИАГНОСТИКА, которая имеет следующие функции:

- создает режимы проверки схем контроля и памяти в каналах;
- подключает регистр имитации интерфейса ввода-вывода на выходе канала, что позволяет проводить проверку канала без использования устройств ввода-вывода.

Для проверки каждым из каналов устройства ЕС-4001 схем контроля и памяти, для выполнения начальной загрузки программы и общего сброса используется набор шин и радиальных линий сопряжения устройство ЕС-4001 - блок, контроля и диагностики (рис. 22). Состав и назначение шин и радиальных линий приведены в табл. 3.

Проверка схем контроля и памяти канала выполняется им в диагностическом режиме. Для перехода в диагностический режим передача каналу команд ввода-вывода сопровождается соответствующим сигналом ДВК. Одновременно с передачей этого сигнала блок КД обеспечивает подачу определенной комбинации разрядов на диагностических шинах, т.е. задает определенные диагностические процедуры, которые необходимо

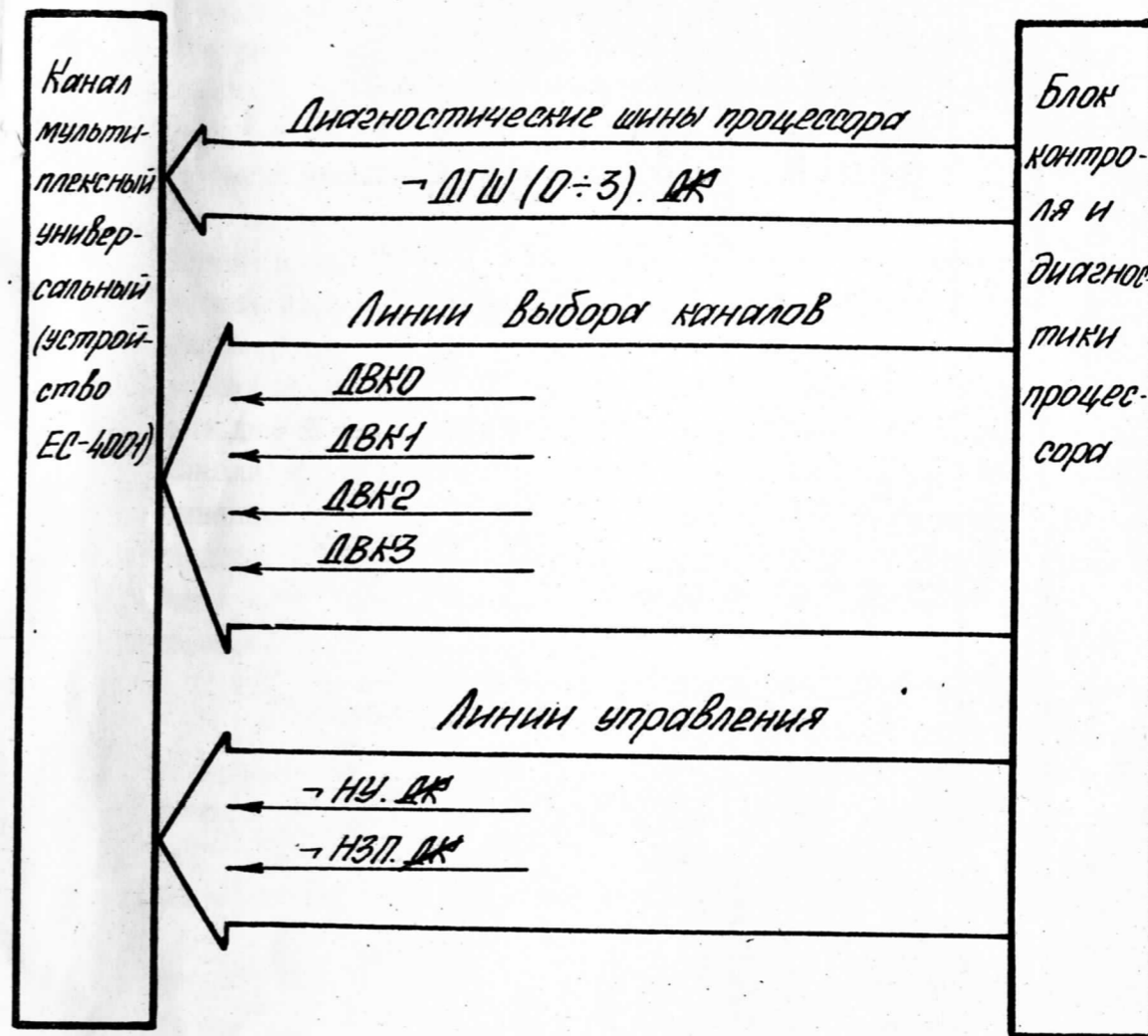


Рис. 22. Сопряжение устройство ЕС-4001 - блок контроля и диагностики процессора.

Таблица 3

| Тип линии                          | Наименование                   | Условные обозначения | Назначение  |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------------|---|
| 1. Диагностические шины процессора | ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ШИНА 0         | ДГШ(0).ДК            | Предназначены для задания каналам различных диагностических процедур в зависимости от комбинации сигналов на шине |
|                                    | ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ШИНА 1         | ДГШ(1).ДК            |   |
|                                    | ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ШИНА 2         | ДГШ(2).ДК            |   |
|                                    | ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ШИНА 3         | ДГШ(3).ДК            |   |
| 2. Линии диагн. выбора каналов     | ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ВЫБОР КАНАЛА 0 | ДВК0                 | Используются для диагностического выбора канала для выполнения диагностических процедур                           |
|                                    | ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ВЫБОР КАНАЛА 1 | ДВК1                 |   |
|                                    | ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ВЫБОР КАНАЛА 2 | ДВК2                 |   |
|                                    | ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ВЫБОР КАНАЛА 3 | ДВК3                 |   |
| 3. Линии управления                | НАЧАЛЬНАЯ УСТАНОВКА            | НУ.ДК                | Служит для осуществления общего сброса каналов, УУ, УВВ   |
|                                    | НАЧАЛЬНАЯ ЗАГРУЗКА ПРОГРАММЫ   | НЗП.ДК               |   |

выполнить каналу, а именно:

обратная четность счетчика байтов - ОЧСБ, которая служит для указания каналу присвоить обратную четность содержимому счетчика байтов;

обратная четность данных - ОЧД, используемая для указания каналу присвоить обратную четность данным, подлежащим записи в оперативную память;

блокировка проверки четности данных - БПЧД, которая необходима для указания каналу блокировать контроль четности на регистре связи с оперативной памятью.

Команды и операции ввода-вывода выполняются в диагностическом режиме обычным образом, кроме работы контрольного оборудования и включения имитатора интерфейса ввода-вывода. Сбросом сигнала ДВК диагностический режим заканчивается. Предполагается, что во время действия сигнала ДВК сигналы на диагностических шинах и определяемая ими диагностическая настройка канала не меняются. Для задания в канале новой комбинации сигналов на диагностических шинах и соответственно "перестройки" канала после сброса сигнала ДВК комбинации сигналов на диагностических шинах меняются и происходит выдача сигнала ДВК, по которому канал подключает имитатор интерфейса ввода-вывода.

Для проверки схем контроля канала блок КД процессора возбуждает шины БЛЧД, ОЧД, линию ДВК соответствующего канала, признак команды - МУ.ТЭСОО и линию выбора канала БИ.РНК. При возбуждении шины БЛЧД информация с неправильной четностью поступает из ОП на регистр имитации канала для проверки схемы контроля соответствующего байта.

При возбуждении шины ОЧД происходит формирование неправильной четности на регистре имитации канала, содержимое которого передается на регистр имитации памяти для возможности проверки схемы контроля соответствующих байтов регистра имитации памяти.

Для проверки памяти канала блоком КД возбуждаются шина ОЧСБ, линия ДВК, соответствующего канала, признак команды - МУ.ТЭСОО и линия выбора соответствующего канала БИ.РНК. При выполнении операции записи происходит прием информации из ОП и запись ее в память канала с последовательным выбором адресов памяти канала. Передача информации продолжается до установки СЧБ в 0 или до обнаружения ошибки. При обнаружении ошибки формируется и записывается в ОП ССК, выдается  $PR=1$ , а при отсутствии ошибки -  $PR=0$ .

При выполнении операции чтение осуществляется считывание информа-

ции из памяти канала в ОП. Процедура аналогична операции записи.

ЗАК.41 57.ТИР.100.РВЦКП ЦСУ, БССР.

