

УДК 51:681:14

**ФУНКЦИИ ДИСПЕТЧЕРА ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЭСМ-6****Л. Н. КОРОЛЕВ, В. П. ИВАННИКОВ, А. Н. ТОМИЛИН***(Москва)***Введение**

В предлагаемой работе выражена точка зрения авторов на операционную систему в целом и более детально рассмотрены те требования, которым должен удовлетворять диспетчер — важный элемент операционной системы, в значительной мере определяющий ее возможности и характер.

Это рассмотрение имеет прямое отношение к машине БЭСМ-6 и учитывает ее структурную организацию.

В статье нашли свое отражение опыт авторов в создании и эксплуатации первой операционной системы БЭСМ-6, а также многочисленные дискуссии и обсуждения проекта более развитой операционной системы для машины БЭСМ-6.

В этих обсуждениях принимал участие большой коллектив сотрудников ИТМ и ВТ АН СССР, ВЦ АН СССР, ВЦ МГУ, ОИЯИ.

По-видимому, наибольшее влияние на содержание предлагаемой статьи оказали мнения и предложения, высказанные С. С. Лавровым, Д. Б. Подшиваловым, М. Г. Чайковским, Н. Е. Карабутовой, З. А. Канатниковой, В. М. Курочкиным, Е. А. Жоголевым, Н. Н. Говоруном и др., которым авторы приносят благодарность, не снимая при этом с себя ответственности за все, что изложено в этой статье.

1. Математическое обеспечение машины включает в себя два основных элемента:

- а) систему программирования,
- б) операционную систему.

Операционная система — это комплекс мероприятий по организации подготовки данных для ввода в машину, по управлению потоком задач, проходящим через машину, по управлению взаимодействием оператора-человека с машиной и потребителя со своей задачей, по организации выдачи результатов и т. п.

Функции операционной системы по управлению решением задач, осуществлению связи с оператором, осуществлению связи потребителя со своей задачей выполняются управляющей программой машины, которая обязательно имеет свою резидентную часть в памяти машины и всегда находится в активной форме.

Управляющая программа обеспечивает:

- простое включение в систему математического обеспечения различных систем программирования,
- эффективное использование аппаратуры машины,
- контролируемое вмешательство человека в ход вычислительного процесса и работу системы.

Управляющая программа должна быть построена так, чтобы сравнительно просто можно было видоизменять и расширять ее возможности.

Качество операционной системы зависит от того, насколько успешно реализованы средства достижения этих целей.

2. Управляющая программа включает две основные части: супервизор и диспетчер.

Супервизор или супервизорные части управляющей программы реализуют общую логику управления системой в целом.

Диспетчер обеспечивает выполнение системных операторов, организует работу по обмену с внешними каналами, осуществляет контроль за прохождением задач, находящихся в активной форме, т. е. выполняет функции исполнителя и интерпретатора приказов, поступающих от оператора, супервизора и рабочих программ.

Диспетчер является подчиненным звеном по отношению к оператору и супервизору, но под его контролем и управлением проходит счет рабочих программ.

Диспетчер должен быть построен таким образом, чтобы изменения системы программирования и супервизорных частей управляющей программы не требовали бы его существенных переделок, — он является своего рода продолжением аппаратуры

машины, расширяющим систему ее команд за счет экстракодов и системных операторов.

Потенциальные и реальные возможности операционной системы определяются набором тех операторов или приказов, которые может выполнить диспетчер, а эффективность системы определяется тем, насколько эти операторы быстро и хорошо выполняются. Следовательно, архитектура операционной системы, ее внешние возможности определяются системным языком, составом его операторов.

Язык операционной системы может быть разбит на три элемента:

а) язык оператора и язык ответов машины оператору, т. е. внешний язык общения человека с операционной системой и машиной;

б) внутренний язык, с помощью которого рабочие программы могут обращаться к диспетчеру, — язык экстракодов;

в) язык, с помощью которого организуется связь других элементов математического обеспечения с операционной системой, — язык системных команд.

В функции диспетчера входит интерпретация большинства основных операторов языка операционной системы.

3. Операторы языка связи человека с операционной системой должны обеспечить вмешательство человека в ход работы операционной системы и сигнализацию о ее работе.

4. Язык экстракодов — внутренний язык общения работающих (рабочих) программ с системой — в основном определяет возможности системы, так как все операторы других языковых элементов операционной системы реализуются через экстракоды.

Этот язык и операторы, реализующие предложения этого языка, должны обеспечить следующие возможности системы в целом.

а. Возможность удобного построения мониторных частей систем программирования различного уровня и назначений.

Экстракоды формирования массивов, передачи массивов от одних задач к другим, обращения к массивам по имени, переименования массивов и запроса массивов по частям, а также ряд других экстракодов должны облегчить построение мониторов систем библиотечных программ, вызов трансляторов, организацию загрузки и т. п.

б. Возможность взаимодействия задач, которая широко используется при построении супервизорных частей управляющей программы и позволяет различные супервизорные части рассматривать как задачи, управляющие работой других подчиненных задач и осуществляющие с ними взаимодействие.

На основе группы экстракодов взаимодействия упрощается организация систем коллективного использования машины с отнесенных математических пультов.

Каждая задача может породить новые задачи, которые будут решаться параллельно с ней в мультипрограммном режиме. Ведущая задача может вмешиваться в ход решения ведомой, обмениваться с ней ресурсами и массивами данных. Это дает широкие возможности по организации параллельной работы по нескольким ветвям и их объединению.

К этой группе экстракодов относятся экстракоды образования задачи, экстракоды передачи ресурсов, экстракоды ожидания изменения состояний указанных задач, экстракоды опроса состояния задач и ряд других.

Следует обратить внимание на интересную возможность, представляемую структурой машины БЭСМ-6 (как машины с листовой структурой оперативной памяти), которая позволяет организовывать одновременное использование одних и тех же объемов оперативной памяти несколькими независимыми идущими задачами.

в. Возможность совмещения одновременного обмена по нескольким внешним каналам с вычислениями по одной задаче. Для этих целей предназначена группа экстракодов обмена.

В операционной системе должно быть предусмотрено автоматическое накопление выводимой информации в системных областях вывода в том случае, если в данный момент система не может предоставить программе, заказавшей обмен, требуемого физического устройства для вывода.

В системе должен быть предусмотрен как обмен с накоплением, так и непосредственные обращения к внешним вводным-выводным устройствам или каналам по ходу решения задачи.

5. Язык, с помощью которого организуется связь операционной системы с другими элементами математического обеспечения (с системами программирования), названный языком системных операторов, включает в себя операторы вызова в работу трансляторов с различных языков, загрузчиков, систем библиотечных программ и т. п. В этот язык включены также запросы на ресурсы и описания задач, необходимые для планирования их потока в системе.

Начальная программа (или операционная программа), которая предшествует собственно задаче, содержит описание задачи, ее требования к системе и последовательность операторов, определяющих ход решения. Это дает возможность пускать задачи в разных режимах, например в режиме трансляции и вывода результатов трансляции, в режиме трансляции и счета и т. п.

6. Важной функцией диспетчера является обслуживание прерываний и запросов, поступающих по внешним каналам и от внешних устройств. Диспетчер должен обеспечить организацию прерываний в прерываниях, выполнение в каждый момент наиболее срочных работ с целью увеличения общей пропускной способности машины по одновременному обслуживанию асинхронно работающих внешних каналов.

7. В операционной системе предусматривается возможность использования дополнительных или птриховых листов ОЗУ. Система экстракодов должна позволять использовать в задачах дополнительные листы ОЗУ сверх 32 математически адресуемых листов. Эти дополнительные листы, закрепленные за данной задачей, используются как буферы при обменах с внешними устройствами и могут быть использованы также в системах библиотечных программ, в которых от математика не требуется указания места в памяти задачи для размещения библиотечных программ.

## § 1. Операционная система БЭСМ-6 с точки зрения программиста

В системе существуют два режима обработки данных:

- 1) обработка потока задач;
- 2) режим отладки с выносных пультов.

Оба эти режима могут действовать одновременно. В режиме обработки потока задач программист не принимает непосредственного участия в работе своих задач и никак не вмешивается в процесс решения. Колоды перфокарт, перфоленты, магнитные ленты вместе с соответствующей инструкцией он передает оператору и через довольно большой срок (например, сутки) получает результаты решения в отпечатанном (отперфорированном) виде.

Основное отличие режима отладки от режима 1) заключается в том, что программист может следить за ходом решения своих задач и активно вмешиваться в процесс решения. Связь с задачами осуществляется через пультный телетайп.

Вначале будет рассмотрена обработка потока задач. Следует заметить, что режим отладки имеет много общих черт с режимом обработки потока задач.

### Обработка потока задач.

#### 1. Структура задачи.

Всю совокупность программ и данных, нужных для решения какой-либо проблемы программиста, будем называть задачей. Задача может быть разбита на ряд одновременно работающих программ. Задача состоит из операционной, или начальной, программы и массивов данных. Начальная программа и каждый массив имеют свое название (номер). Массив данных состоит из названия массива и однородного текста на одном из языков системы: в машинных кодах, на АЛИГОЛе и т. д.

Такой однородный массив может быть программой или массивом вводных данных. Начальная программа составлена на языке операционной системы. К задаче могут относиться собственные магнитные ленты. Такие ленты обязательно должны

быть снабжены маркером (названием) ленты. Каждая задача метится шифром этой задачи. Шифрование задач должно быть организовано так, чтобы в системе не находились задачи с одинаковым шифром.

## 2. Расположение задачи на носителях ввода.

Вводится понятие блока. Блок — это либо колода перфокарт, либо рулон перфоленты, либо специально подготовленная магнитная лента. Каждый блок снабжен шифром той задачи, к которой он относится. Блок может содержать начальную программу или массивы данных. Все блоки, относящиеся к задаче, вводятся в систему и являются доступными для этой задачи независимо от того, на каких носителях ввода они расположены (магнитная лента, перфокарты, перфоленты).

## 3. Ввод задачи в решение.

Любая задача начинается с запуска в решение начальной (операционной) программы. Все введенные массивы принадлежат этой начальной программе. Структура начальной программы определена системным языком. Более подробно о начальной программе будет рассказано в разделе «Язык операционной системы».

## 4. Процесс решения.

Связь любой программы с операционной системой осуществляется с помощью операционных команд или экстракодов. Перечислим основные операционные команды.

а. Операция обращения к элементарным функциям.

б. Операции обмена массивами.

Программа может использовать массивы данных, относящиеся к этой программе, стандартные массивы операционной системы (это библиотечные программы, трансляторы, ассемблеры, подпрограммы редактирования, отладочные программы). Эти массивы программа может считывать с внешних носителей в свою оперативную память последовательно по частям или полностью. В процессе решения программа может создавать поименованные массивы, формировать их по частям последовательно на внешних носителях и считывать их с внешних носителей в свою оперативную память, для накопления массива программа может выделить свои собственные внешние носители, а может не выделять, тогда операционная система сама предоставит внешний носитель для массива (в этом случае программа не будет знать, где расположен этот массив).

в. Обмен с внешними устройствами.

Программе могут принадлежать разнообразные внешние устройства: тракты барабанов, магнитные ленты, устройства печати, ввода-вывода (перфокарты и перфоленты), телетайпы. Каждое такое устройство имеет свой собственный математический номер, присвоенный ему программой. Обмен с внешними запоминающими устройствами осуществляется трактами (секторами) для барабана и зонами для магнитной ленты.

Обмен с медленными устройствами осуществляется в темпе поступления соответствующих команд обмена. Программа может выводить на медленные устройства или вводить с медленных устройств единицы информации или массивы единиц информации. Такая единица для перфокарт — перфокарта, для печати — строка, для перфоленты — восьмиразрядный символ, для телетайпа — телетайпный символ. Для обмена массивом единиц программа отводит в собственной оперативной памяти буфер, из которого этот массив передается по частям на конкретное медленное устройство до тех пор, пока этот буфер не будет исчерпан, либо до тех пор, пока не встретится единица информации, символизирующая конец. Для каждого устройства система устанавливает стандартную единицу «конец». Считывание информации с медленного устройства в буфер происходит до тех пор, пока буфер не будет заполнен, или до тех пор, пока не придет «конец». Программе даются средства осуществления контроля работы медленных устройств. Программа может временно прекратить свое решение до окончания работы своих медленных устройств. Обмен с многими медленными устройствами может происходить одновременно с работой программы. Редактирование информации для вывода производит сама программа, используя подпрограммы редактирования.

#### г. Операция вывода результатов.

Чаще всего программа не имеет своих собственных устройств вывода. Операции «г» позволяют накапливать результаты в области вывода операционной системы.

В отличие от операций непосредственной выдачи, результаты будут выведены на устройства печати, вывода на перфокарты и на перфоленты только после окончания программы.

Редактирование выводимой и вводимой информации осуществляется самой программой с помощью подпрограмм редактирования.

#### д. Образование программ и их взаимодействие.

Любая программа может образовывать одну или несколько новых программ. Тогда образующую программу будем называть ведущей, а образованную — ведомой. Ведомая программа может быть образована из массива (поименованного или массива данных) ведущей программы или из стандартного массива системы. Ведущая программа присваивает образованной программе математический номер, и в дальнейшем при общении с этой программой ведущая программа указывает ее математический номер.

Программа может передавать ресурсы своей ведомой программе, прекращать и возобновлять решение ведомой, реагировать на запросы, поступающие от ведомой.

Ведомая программа может передавать ведущей разнообразные запросы: передавать ресурсы, требовать реакции на ошибки или сбои во время решения ведомой, прекращать свое решение и передавать управление на ведущую программу. Аппарат образования программ и взаимодействия между ними вводится в основной для того, чтобы облегчить работу разнообразных систем программирования и отладку программ в таких системах.

#### ж. Борьба с ошибками в программе.

Любой программе предоставляется возможность анализировать ошибки, возникающие в ходе ее решения. Для того чтобы установить такой режим, программа обращается к системе с операционной командой, в которой указывает, на какие ошибки она будет реагировать сама (деление на нуль, переполнение, ошибка в ведомой программе и т. д.) и адрес слова программы, на которое нужно перейти в случае ошибки. При возникновении ошибки в программе в том случае, если программа установила режим анализа собственных ошибок, управление передается по указанному слову этой программы, иначе вырабатывается запрос к ведущей программе.

#### 5. Время решения.

Время решения устанавливается только для задачи. Все работающие программы данной задачи обрабатываются на общем для этой задачи времени.

#### 6. Начальная программа.

Начальная программа состоит из операционных системных команд, представляющих собой последовательные обращения к крупным системным работам, таким, как редактирование, трансляция, вывод результатов, окончание задачи. Процесс прохождения задачи через систему складывается из выполнения этих работ. Их последовательность задается начальной операционной программой, которая может варьироваться от задачи к задаче. Например, процесс решения задачи может свестись в одном случае к трансляции и выводу результатов трансляции, в другом случае — к трансляции и решению.

Начальная программа может вызывать программы или работы, например трансляторы или ассемблеры, и передавать им свои массивы данных для трансляции, получать от них массивы оттранслированного материала, образовывать из этих массивов подчиненные программы и следить за ходом решения этих программ либо просто передавать управление на оттранслированный материал.

Обычно действия, которые программист хочет произвести для решения задачи, стандартные. Например, трансляция и решение. Поэтому будет существовать значительный набор стандартных начальных программ, пробитых на перфокартах, и программист будет подкладывать эти карты к блоку, содержащему массивы; в то же время программист имеет возможность составлять свои начальные программы, если в наборе не окажется такой начальной программы, которая его бы удовлетворяла.

### Режим отладки с выносных пультов

Программист имеет возможность отлаживать с пульта заранее подготовленные и введенные в систему программы, транслировать их, следить за процессом решения, вмешиваться в ход решения, изменять эти программы либо формировать новые. Такая связь программиста со своими массивами через телетайп осуществляется с помощью пультовой программы, которой принадлежит данный телетайп. Пультовая программа — это системная программа, находящаяся в библиотеке операционной системы. Пультовая программа имеет свой язык общения с программистом. Она воспринимает команды на этом языке, поступающие с телетайпа от программиста, и выдает на телетайп ответы на эти команды.

В системе может быть несколько пультовых программ различных возможностей. Для того чтобы работать в таком режиме, в начальной программе должен быть оператор вызова пультовой программы. После ввода в решение пультовой программы, на одном из пультовых телетайпов печатается шифр той задачи, которая будет обрабатываться на этом телетайпе. В том случае когда задача пуста, т. е. программист хочет с помощью одной из пультовых программ сформировать свою программу и решить ее, будет существовать дополнительный вариант образования пультовой программы. Оператор с операторского пульта требует образовать пультовую программу и передать в ее пользование телетайп, отведенный оператором для программиста. Пультовая программа — это пример программ, решаемых в реальном масштабе времени. Ей необходимо следить за выполнением операционных команд, требующих расширения ресурсов. Режим анализа имеющихся ресурсов и реакций на их отсутствие может установить любая программа, в том числе и пультовая. Пультовая программа может использовать, как и любая, все операционные команды, перечисленные выше.

## § 2. Язык обращения оператора-человека с операционной системой

Как уже отмечалось, цель этого языка — дать средства, необходимые для вмешательства человека в работу операционной системы. Этот язык делится на язык команд и запросов, поступающих от оператора, и язык ответов или сообщений, поступающих от системы.

Для управления работой системы в распоряжении оператора имеется выносной пульт, снабженный телетайпом, связанным с машиной, — операторский пульт. Конкретное представление языка общения определяется допустимым набором символов телетайпа. Ниже перечислены команды и сообщения языка с краткими пояснениями.

### 2. 1. Команды оператора

- а. Начать ввод с указанного вводного устройства.
- б. Закончить ввод с указанного вводного устройства. Команды «а» — «б» сигнализируют системе о том, что соответствующее вводное устройство готово к работе, или о том, что ожидать информации с данного устройства не следует до поступления новой команды.
- в. Внешнее устройство не готово. Эта команда подается в том случае, если необходимо проделать ряд ручных манипуляций для того, чтобы устройство продолжило начатую работу (например, очистить нижний карман ВУ-700).
- г. Изъять из системы указанное устройство. Этой командой можно ограничить общие ресурсы системы.
- д. Включить в состав системы указанное устройство. Эта команда позволяет расширить ресурсы системы, включив в сферу внимания устройства, которые, например, находились в состоянии ремонта.
- е. «Выкинуть» указанную задачу (снять задачу с решения). Эта команда необходима во многих случаях, например тогда, когда оператору ясно, что данная задача ошибочна.
- ж. Отложить решение указанной задачи.

з. Продолжить или запустить задачу. Команды «ж» и «з» удобны, например, для предоставления «зеленой улицы» каким-либо задачам.

и. Добавить время указанной задаче. Выдается в том случае, если задача остановлена, так как исчерпано заказанное ею время, но оператор решил дать ей возможность поработать еще.

к. Дать наивысший системный приоритет указанной задаче. Выдается в том случае, когда необходимо некоторую задачу запустить в решение прежде всего.

л. Дать задаче наивысший диспетчерский приоритет. Дается для того, чтобы, жертвуя эффективностью системы, получить результат некоторой задачи в кратчайший срок.

м. Сменить режим распределения времени между задачами в системе на указанный. Обычно в системах определено несколько способов распределения времени. Этой командой можно выбрать способ.

н. Разгрузить оперативную память машины (сбросить память). Этой командой освобождается память машины таким образом, чтобы можно было затем снова ее загрузить и продолжить работу системы. Сброс делается в тех случаях, когда надо, например, проверить тестами центральную машину.

о. Дать сведения о состоянии указанной задачи в системе.

п. Дать сведения о текущем состоянии системы (отпечатать протокол).

р. Дать сведения о наличии свободных ресурсов по группам устройств (магнитные ленты, барабаны, внешние вводные-выводные устройства).

с. Отпечатать содержание физической ячейки с указанным номером.

т. Ввести в систему календарные данные. Команды «о» — «т», подаваемые с пульта оператора, позволяют оперативно вмешиваться в ход работы операционной системы.

## 2. 2. Сообщения и команды, поступающие от системы на пульт оператора

а. Повторить команду или «Вас не понял!».

б. Ждите!

в. Сообщения о неисправной работе устройства.

г. Сигналы о том, что устройства должны быть включены или подготовлены к работе.

д. Сигнал о том, что области ввода системы заполнены.

е. Сообщение об освобождении области ввода.

ж. Запрос на ввод конкретного материала с указанного внешнего устройства. Ряду задач в системе для работы могут быть выделены конкретные устройства для ввода. Запрос на ввод маркированного материала может появиться в ходе решения задачи. Сообщение об этом необходимо оператору, чтобы убедиться, находится ли запрашиваемый материал на указанном устройстве. На этот запрос оператор отвечает сообщением об исполнении запроса.

з. Сообщение о том, что некоторая задача исчерпала заказанное время. Получив это сообщение, оператор может либо добавить ей время, либо выкинуть ее из решения.

и. Сообщение о том, что некоторая задача попыталась выполнить запрещенные или ошибочные действия: вышла на переполнение АУ, обратилось не в свою область памяти, обратилась к «чужой» задаче экстракодом взаимодействия, попыталась выполнить запрещенную команду и т. д.

к. Сообщения, являющиеся ответами на соответствующие команды оператора (выдача протокола системы, содержания ячейки, состояния задачи и т. д.).

## § 3. Язык системных операторов

Прохождение любой задачи на машине выполняется в несколько этапов.

1. Необходимо ввести материал с внешних носителей в машину, т. е. осуществить ввод.

2. Необходимо оттранслировать (или отредактировать) введенный материал, т. е. осуществить этап трансляции.

3. Необходимо оттранслированный материал скомпоновать в рабочую программу, т. е. осуществить этап компиляции или загрузки.

4. Необходимо произвести вычисления по готовой программе, т. е. осуществить этап счета.

5. Необходимо окончить вычисления, осуществив этап окончания задачи, вывода результатов и т. д.

Перечисленные выше этапы представляют собой достаточно самостоятельные виды работ на вычислительной машине. Их набор и последовательность могут меняться в зависимости от принятой системы программирования и условий решения задачи.

Последовательность работ, которые надо выполнить операционной системе, чтобы полностью решить задачу, мы будем называть операционной или начальной программой задачи.

Операционная программа состоит из последовательности заданий на работы или из системных операторов. Каждой задаче должна быть предпослана операционная программа, записанная в некотором формализованном и, следовательно, понятном для системы виде.

Форму записи операционных программ и системных операторов мы будем называть языком операционной программы. Операционная программа строится из линейной последовательности системных операторов. Каждый оператор строится следующим образом:

1) задается имя оператора;

2) задается список фактических значений параметров данного оператора.

Форма представления оператора такова:

<имя оператора> (список параметров);

Операторы отделяются друг от друга символом «точка с запятой». Элементы списка параметров отделяются друг от друга символом «запятая». Список заключен в круглые скобки.

### 3. 1. Основные системные операторы

Оператор ЗАДАЧА (или паспорт).

Идентификатор (имя) этого оператора ЗАДАЧА. Список параметров определяет ресурсы, которые необходимо зарезервировать системе для решения задачи. По существу, список параметров определяет паспортные данные задачи. Этот список содержит десять элементов, которые в соответствии с их порядком означают следующее:

- 1) число страниц ОЗУ;
- 2) число трактов МБ;
- 3) номера лентопротяжек для оперативной работы;
- 4) номера лентопротяжек постановочных лент;
- 5) число АЦПУ;
- 6) число телетайпов;
- 7) число ПИ-80;
- 8) число ПЛ-20;
- 9) время центрального процессора в минутах;
- 10) число обращений к МБ, МЛ.

В процессе выполнения дальнейших работ соответствующими экстракодами можно отказываться от некоторых ресурсов. Если отказов не было, то эти основные ресурсы закрепляются за задачей вплоть до ее полного окончания.

Оператор ЗАДАЧА, таким образом, выполняет закрепление ресурсов целиком за задачей. На этих ресурсах сохраняются результаты работ остальных операторов начальной программы. Эти результаты должны быть переданы следующим оператором в качестве параметров.

Оператор ВВОД.



Список параметров этого оператора состоит из перечня имен массивов, подлежащих вводу с внешних устройств машины. Число элементов списка произвольно. В качестве элемента списка может быть указано имя (маркер) и математический номер магнитной ленты с заранее заготовленной информацией (постановочной ленты). Номер постановочной ленты должен совпадать с одним из номеров, указанных в ресурсах задачи.

Оператор ВВОД производит проверку наличия в системе всех перечисленных элементов списка и в случае отсутствия какого-либо из них выдает оператору-человеку соответствующие указания.

**Оператор ПОМЕСТИТЬ.**

Параметры этого оператора обозначают:

- а) имя массива,
- б) начало места в ОЗУ ( $A_{нач}$ ),
- в) число загружаемых кодов массива,
- г) характер редактирования при загрузке.

Этот оператор отыскивает положение массива с данным именем и организует его передачу в оперативное запоминающее устройство. Оператор ПОМЕСТИТЬ пользуется общими ресурсами задачи и не требует для своего осуществления дополнительных ресурсов.

**Оператор ПЕРЕХОД.**

Этот оператор осуществляет передачу управления на выполнение машинной программы, расположенной в ОЗУ.

Его параметрами служат:

- а) адрес ячейки ОЗУ, на которую следует передать управление;
- б) адрес слова, где должны оказаться признаки причины окончания вычислений по машинной программе. Оператор работает на общих ресурсах задачи.

**Операторы трансляции.**

Эти операторы осуществляют трансляцию указанного в качестве параметра массива данных с помощью системы программирования, определяемой именем оператора.

Для операторов трансляции могут потребоваться собственные ресурсы, которые будут возвращены системе после окончания работы. Результаты работы операторов трансляции обязаны быть размещены на общих ресурсах задачи.

Таким образом, в список параметров операторов трансляции входят:

- а) описание собственных ресурсов,
- б) имя транслируемого массива,
- в) имя и расположение оттранслированного массива,
- г) параметр, характеризующий режим работы системы трансляции (выводить ли на печать оттранслированный материал, выводить ли на печать исходный материал и т. д.).

Последний параметр определяется системой программирования и в зависимости от ее возможностей может приобретать тот или иной смысл. При дальнейшем усовершенствовании операционной системы число операторов трансляции может видоизменяться. Обязательными остаются параметры, описывающие собственные ресурсы.

Список параметров собственных ресурсов следующий.

1. Номера дополнительно используемых магнитных лент (они не должны совпадать с номерами лент общих ресурсов задачи).

2. Число дополнительных трактов барабана.

3. Число дополнительных страниц ОЗУ.

В настоящем составе операционной системы предусматриваются следующие операторы трансляции:

- 1) АВТОКОД,
- 2) ФОРТРАН,
- 3) АЛГОЛ,
- 4) ЗАГРУЗЧИК.

Форма представления параметров соответствующих операторов в части, не касающейся дополнительных ресурсов, определяется разработчиками соответствующих систем программирования.

#### Оператор КОНЕЦ.

Если оператор ЗАДАЧА можно интерпретировать как открывающую скобку или начало тела операционной программы, то оператор КОНЕЦ служит закрывающей скобкой. Этот оператор освобождает все ресурсы, занятые задачей, и передает их в распоряжение операционной системы.

### 3. 2. Реализация операторов

Общая схема реализации операторов в операционной системе следующая.

1. По параметрам, определяющим дополнительные ресурсы, операционная система устанавливает, может ли она выделить эти ресурсы. Если ресурсы не могут быть выделены, система запоминает этот факт и вернется к выполнению оператора после появления достаточных ресурсов.

Если операционная система может предоставить ресурсы, то она закрепляет их за данным оператором до его окончания.

2. По имени работы (оператора) вызывается в работу соответствующая системная стандартная программа (системный массив) и список параметров передается в стандартные ячейки этой программы.

3. Производится передача управления на данную программу, которая сама производит настройку по параметрам и организует свою дальнейшую работу.

4. После окончания работы системной программы управление передается следующему оператору начальной программы.

В процессе своего выполнения оператор может нормально закончить свою работу, но может и не закончить ее из-за ошибок в исходном материале. Например, может не закончиться трансляция из-за грубой ошибки в тексте на алгоритмическом языке, при счете программ могут выявиться ошибки типа деления на ноль и т. д.

В любом случае ненормального окончания заданной системным оператором работы производится «выкидывание» всей задачи или передача управления следующему оператору. Однако в случае ненормального окончания работы и передачи управления следующему оператору параметры-результаты окажутся не определены.

Поэтому каждая программа, интерпретирующая оператор, должна включать анализ определенности входных параметров. Если в качестве входного параметра используется имя массива, следует проверить, существует ли такой массив. При обнаружении неопределенности входных параметров дальнейшая работа должна быть прекращена, должна быть выведена на печать сигнализация об этом и организован переход на следующий оператор системной программы.

Часть наиболее крупных операторов может быть организована на основе образования ведомых программ. Тогда начальная программа по отношению к образованным работам, реализующим операторы, будет являться ведущей программой. Такой подход позволяет в ряде случаев организовывать совмещение выполнения нескольких операторов, перечисленных в начальной программе.

В супервизоре операционной системы как основной способ предусматривается «выбрасывание» из машины всей задачи, если хотя бы один из операторов не прошел до конца. По-видимому, в большинстве случаев метод «выкидывания» более рационален, так как сразу освобождаются ресурсы этой задачи и увеличивается пропускная способность системы в целом.

Указания о необходимых основных и дополнительных ресурсах служат основанием для работы планирующей системы, переводящей задачи в активную форму, т. е. запускающей задачи на счет.

Чтобы избежать затора в работе системы, который может быть вызван требованиями дополнительных ресурсов, поступивших от всех задач, находящихся в активной форме, при планировании следует соблюдать правило «зеленой улицы» для старшей по приоритету задачи, которое заключается в том, что в любой момент в сп-

стеме должен быть резерв ресурсов, достаточный для обеспечения максимальных требований этой старшей задачи. Для остальных задач соблюдение этого правила не обязательно.

Динамическое перераспределение ресурсов основано, таким образом, на правиле: в любой ситуации должен оставаться путь для продолжения решения хотя бы одной задачи.

### Трансляция операционной программы

Операционная программа, записанная на исходном символическом языке, подвергается системной трансляции. В результате этой трансляции получается отображение программы в набор экстракодов, реализующих данные операторы, т. е. получается программа на внутреннем языке машины.

На этапе трансляции производится замена имен массивов номерами и список параметров превращается в последовательность ячеек двоичной информации. Таблица соответствия имен и их номеров вместе со списком параметров передается в распоряжение каждой программы, реализующей оператор. По этой таблице производится замена во всех командах обращения к массивам в рабочих программах. Это позволяет более экономно строить каталоги, определяющие положение массивов, и быстро осуществлять поиск массивов при вычислениях по рабочим программам.

Подготовленная для работы операционная программа на внутреннем языке машины вводится в оперативную память в выделенный диспетчером объем ОЗУ, и на нее передается управление.

В этом объеме ОЗУ расположена следующая информация:

- 1) символическая (исходная) запись операционной программы;
- 2) таблица соответствий имен и их номеров;
- 3) операционная программа в машинных кодах, которая начинается всегда с определенного места.

Начальная программа должна быть защищена от какого-либо вмешательства со стороны ведомых задач, реализующих операторы начальной программы. Начальная программа в принципе может включать в себя последовательности машинных команд, перемежающихся с системными операторами.

Однако при системной трансляции начальной программы необходим жесткий контроль использования машинных кодов, чтобы обнаружить все ошибки в этой наиболее важной части задачи.

## § 4. Экстракоды

Описываемый в этом пункте язык состоит из экстракодов, которыми могут пользоваться рабочие программы, и является как бы продолжением внутреннего языка машинных команд.

Ниже перечисляются основные экстракоды с краткими пояснениями их смысла.

### 4. 1. Экстракоды обращения к функциям

В экстракоде указывается номер функции, аргументы которой задаются в магазине (сумматор является верхушкой магазина); результат также располагается в магазине. Этими экстракодами осуществляется обращение к вычислению тригонометрических функций, корня, логарифма и т. д.

### 4. 2. Экстракоды, расширяющие систему команд

Например, обратное деление, условные переходы с продвижением по магазину, действия с удвоенной точностью или комплексной арифметикой и т. д.

### 4. 3. Экстракоды обмена

Эти экстракоды предназначены для организации обменов с внешними устройствами.

Параметры экстракодов указывают устройство, с которым производится обмен, адреса оперативной и внешней памяти, определяющие область (массив), подлежащую обмену, математический адрес ячейки, куда следует передать управление при окончании обмена.

Последнее следует пояснить. Обмен с каналами может производиться одновременно с вычислениями по программе, давшей заказ на обмен. Для того чтобы своевременно информировать программу об окончании обмена, в общем случае следует прервать ее работу, «сказать» ей об окончании обмена и либо продолжить прерванные вычисления, либо отправиться по другой ветви программы. В параметрах обмена указан адрес для передачи управления подпрограмме, которая осуществляет желаемую логику обработки конца обмена. Эта подпрограмма должна обязательно заканчиваться специальным экстракодом «возврата из ветви».

Ограничение на эти программы-ветви состоит в том, что они не должны использоваться рекурсивно, т. е. если в программе задано несколько одновременных обменов, которые могут закончиться в любое время и в случайном порядке, следует для обработки окончания обмена по каждому независимому каналу предусматривать индивидуальные программы-ветви.

Этот аппарат необходим для организации сложных программ, работающих в реальном масштабе времени.

Для обычных счетных программ в использовании этого аппарата нет необходимости: обычные приемы защиты областей ввода-вывода обеспечивают соблюдение правильной последовательности в выполнении операций обмена, совмещающих их с вычислениями, которые не обращаются к защитным областям обмена. Иными словами, в случае работы обычных программ диспетчер не прерывает работы программы по окончании обмена и никак не сигнализирует ей об этом. Для задания обменов без оповещения об окончании в качестве параметра передачи управления по концу записывается ноль.

Экстракоды обмена могут задаваться в двух модификациях — с защитой областей обмена и без защиты областей обмена.

При использовании обменов без защиты памяти ответственность за правильное использование областей обмена возлагается на рабочую программу, которая должна позаботиться о том, чтобы не пользоваться информацией из областей обмена до завершения обменов.

В обменах с защитой об этом заботится диспетчер. Возможность работы без защиты областей обмена полезна для организации программ, работающих в реальном масштабе времени. Неумелое использование обменов без защиты может приводить к неповторяемости результатов одной задачи.

В соответствии со структурой различных внешних устройств и запоминающего устройства машины обмен задается так называемыми специфицированными единицами информации, свойственными каждому устройству. Для магнитной ленты это зона (1024 слова), для магнитного барабана это либо сектор (256 слов), либо тракт (1024 слова), для оперативного запоминающего устройства в отношении ленты и барабана это лист (страница) в 1024 слова либо абзац в 256 слов.

Для устройства выдачи на перфокарты единицей является перфокарта, для устройства печати — набор 128 байтов. Обмен в общем случае задается массивами специфицированных единиц информации. С точки зрения операций обмена канал обмена обладает следующими логическими характеристиками.

а. Канал обмена может определить конец сообщения либо по поступлении в канал специальной единицы информации, символизирующей конец сообщения (системная перфокарта конца, системный символ или комбинация символов на перфоленге), либо по длине сообщения (тракт, зона, сектор, абзац при обмене с внешними запоминающими устройствами).

б. Канал прекращает свою работу по заданному обмену либо по получении признака конца, либо при заполнении (выборке) выделенной для канала области памяти.

в. С каналом связано информационное слово, в котором в каждый момент времени хранится состояние канала (его фотография), говорящее о том, исправен он или не исправен, работает канал или не работает, включен или выключен, по какой причине окончил работу (по заполнении области памяти или по получении конца сообщения), с каким адресом памяти работает в данный момент, с какой программой он связан и др.

Экстракоды обмена формируют заказы на обмен. Эти заказы выстраиваются в общую очередь заказов, которая обслуживается с учетом распределения каналов между программами, связности заказов и их приоритета. Логика обслуживания заказов на обмен и их реальное исполнение возлагается на соответствующие части диспетчера, объединенные общим названием «работ обмена». Основная цель работы обмена — максимально быстрое обслуживание очереди заказов, возможно полный контроль правильности работы внешних устройств.

#### 4. 4. Экстракоды обмена с массивами

С точки зрения операционной системы вызов в работу состоит в том, что следует в системной памяти (обычно во внешней памяти) машины отыскать массив с некоторым именем, переслать его в определенный участок памяти и передать на него управление. Это же относится к вызову библиотечных программ, программ редактирования, массивов входных данных и т. п.

Поэтому в системе должны быть созданы средства работы с массивами произвольной длины, средства формирования массивов, средства присвоения им имени, средства передачи массивов от одной задачи к другой, средства считывания (записи) массивов по частям. Группа экстракодов работы с массивами позволяет выполнять эти функции.

Работа с массивами произвольной длины тесно связана с понятием буфера. Реально буфер представляет собой неадресуемую в программе дополнительную страничку оперативной памяти, закрепленную за данной программой, через которую производится обмен с массивами, находящимися во внешней памяти машины.

Буфер можно интерпретировать как канал обмена, связанный не с устройством, а с массивом. Этот канал обладает теми же свойствами, что и обычный канал. Заказ на обмен с этим каналом определяет, сколько кодов следует принять из этого канала (при считывании части массива) или сколько кодов и откуда следует выдать в этот канал.

По своему характеру это симплексный канал. Для того чтобы начать работать с этим каналом, он должен быть «скоммутирован» на связь с указанным массивом или на связь с указанной областью внешней памяти и настроен на прием или передачу. Соответственно этому определены следующие экстракоды:

- а) подключение буфера к заданной области внешней памяти на считывание или запись;
- б) подключение буфера к массиву с заданным именем для считывания или записи;
- в) присвоение имени массиву внешней памяти;
- г) обращение к буферу (в этом обращении указан объем оперативной памяти, который следует записать в канал или на который следует принять информацию из этого канала).

Этих каналов-буферов может быть предоставлено несколько для того, чтобы можно было организовывать одновременный обмен с несколькими массивами.

Также предоставляется возможность после завершения работы данного буфера с одним массивом перекоммутировать, подключить его к другому массиву.

С помощью перечисленных экстракодов можно осуществить связь медленных вводных-выводных устройств с внешними накопителями машины.

Работа этих команд тесно связана с поисками нужной информации по системным каталогам, определяющим физическое расположение искомого массива, а также

с формированием временных каталогов, действительных в течение времени работы программ, организующих свои массивы. Поиск по каталогам, их формирование и изменение относится к внутренним функциям операционной системы.

#### 4. 5. Экстракоды взаимодействия задач

В существующем диспетчере машины БЭСМ-6 система, с помощью которой реализована возможность одновременной работы нескольких пользователей с отнесенных пультов по отладке и вмешательству в ход решения своих задач, основана на принципе ведомых и ведущих задач. Пультовая программа, обслуживающая пульт пользователя (программиста), воспринимающая сообщения и команды с этого пульта, по отношению к программе пользователя является ведущей. Пультовая программа запускает в решение программу пользователя, останавливает ее, изменяет содержание ее ячеек, берет на себя управление в случае обнаружения в рабочей программе ошибок и т. д.

Системы разделения времени (CPB) для своей реализации потребуют аналогичных средств воздействия одних программ на ход решения других программ.

Группа экстракодов взаимодействия задач должна служить целям организации CPB и других систем, требующих взаимодействия между задачами (программами).

#### Обмен ресурсами

а. Передать страницу ОЗУ ведомой программе с указанным номером (шифром). В экстракоде указывается математический номер передаваемой страницы, номер программы, которой эта страница адресована, и математический номер страницы, под которым она перейдет в ведомую программу.

Экстракод выполняется в двух модификациях: с отказом от передаваемой страницы и без отказа от передаваемой страницы. В последнем случае эта страница будет общей для двух программ и они обе могут к ней обращаться с различными математическими адресами.

б. Передать ведомой программе с указанным номером магнитную ленту. В экстракоде указывается математический номер передаваемой магнитной ленты, математический номер, под которым она передается адресату, и математический номер адресата. Экстракод выполняется только в модификации с отказом от этой ленты.

в. Передать тракт МБ. Этот экстракод выполняется аналогично экстракоду передачи ленты.

г. Передать внешнее устройство (АЦПУ, ВУ и т. д.). Выполняется так же, как экстракод передачи ленты.

Передавать ресурсы можно только ведомым задачам.

Экстракоды контролируют допустимость передач ресурсов.

В перечисленных экстракодах в качестве программы-адресата может быть указан диспетчер (номер адресата — нуль). В этом случае экстракоды передачи ресурсов эквивалентны отказу от ресурсов в пользу операционной системы.

Наряду с экстракодами передачи ресурсов должны существовать экстракоды изъятия ресурсов ведомых задач, которые строятся по аналогии с экстракодами передачи ресурсов.

#### 4. 5. 2. Экстракоды запроса ресурсов

С помощью этих экстракодов рабочие программы или административные системы трансляторов (мониторы) могут дать запрос на дополнительные ресурсы, адресованный к программам, стоящим на более высокой иерархической ступени (к ведущим программам и, в частности, к диспетчеру):

а) выделить страницу с указанным математическим номером;

- б) выделить указанный номер тракта магнитного барабана;
- в) выделить указанный номер магнитофона;
- г) выделить указанное внешнее устройство.

Выделение запрашиваемых ресурсов производится, как правило, из ресурсов задачи. В случае если требование на ресурсы относится к диспетчеру (к операционной системе), выделение ресурсов может быть произведено за счет менее приоритетных задач. В ряде случаев для этого может потребоваться снять некоторые задачи с решения с тем, чтобы освободить занятые ими ресурсы. Снятие задачи может потребовать вмешательства оператора-человека, который должен будет, например, освободить некоторые магнитофоны от магнитных лент с информацией, принадлежащей снимаемой задаче, и поставить на них «чистые» магнитные ленты. Соответственно, в операционной системе должна быть развита техника продолжения счета по снятым задачам.

#### 4. 5. 3. Экстракоды запроса состояния ведомой программы с указанным номером

а. Экстракод считывания информационного поля (ИП) программы. По этому экстракоду производится считывание ИП программы по адресу, указанному в параметрах экстракода. Если программы с указанным номером нет в системе, то производится останов программы и печать сообщения об этом оператору, который может либо снять задачу, либо остановить ее решение.

б. Экстракод запроса состояния ведомой программы. В качестве ответа на сумматоре появляются признаки, говорящие о том, есть ли программа в системе, готова ли она к решению, и причина закрытия программы: ошибка в программе, ожидание конца обменов, режим ожидания условия и т. д.

#### 4. 5. 4. Экстракоды ожидания выполнения условий

В эту группу входят экстракоды:

- а) «жду появления в системе ведомой программы с указанным номером»;
- б) «жду окончания программы с указанным номером»;
- в) «жду передачи листа с указанным математическим номером»;
- г) «жду передачи магнитной ленты (или тракта магнитного барабана, или внешнего устройства) от задачи с указанным номером»;
- д) «жду изменения состояния программы с указанным номером».

По этим экстракодам производится останов программы и запуск ее в решение после выполнения указанного в экстракоде условия.

#### 4. 5. 5. Экстракод образования программы из собственных ресурсов

В этом экстракоде указывается номер, под которым должна образоваться новая программа, и перечень ресурсов, передаваемых в ее распоряжение.

Перечень ресурсов представляет собой список математических страниц ведущей программы и их новые математические номера в новой программе, аналогичный список соответствия магнитных барабанов, магнитных лент и внешних устройств.

Эти списки должны соответствовать ресурсам задачи:

- а) адрес входа в новую программу;
- б) относительный приоритет.

#### 4. 5. 6. Экстракоды обмена поименованными массивами между программами

а. Экстракод считывания массива по имени, принадлежащего программе с указанным номером.

б. Экстракод передачи массива с указанным именем программе с данным номером.

Эти экстракоды позволяют передавать информацию от программы к программе с помощью аппарата массивов. Первый экстракод позволяет разным программам пользоваться по считыванию одним и тем же массивом данных.

Если номер адресата второго экстракода равен нулю (номер диспетчера), то это эквивалентно отказу от массива.

#### 4. 5. 7. Экстракоды вмешательства в работу ведомой (порожденной) программы

а. Прервать программу с указанным номером.

б. Окончить программу с указанным номером, выдав на внешние устройства области ее вывода.

в. «Выкинуть» из решения программу с указанным номером, передав все ее ресурсы диспетчеру и ликвидировав все ее подчиненные программы.

г. Продолжить программу с указанным номером.

д. Записать в ИП программы с указанным номером заданную информацию.

#### 4. 6. Другие экстракоды обращений к операционной системе

а. Экстракод «конец программы», оповещающий систему о том, что программа окончила свою работу полностью и диспетчер может освободить все ресурсы, которые были заняты этой программой.

б. Экстракод запроса состояний внешних устройств, связанных с данной программой, по которому можно узнать, что в данный момент происходит с указанным устройством.

в. Экстракод выдачи сообщения на пульт оператора, в котором указывается номер стандартного текста и адрес параметров к нему.

Стандартные тексты могут быть такого характера: снять магнитную ленту; заблокировать запись на магнитной ленте; проверить состояние канала; поставить на считывающие устройства такой-то материал и др.

г. Экстракод перенумерации страницы, с помощью которого можно страницы обменивать местами, не производя фактической пересылки материала.

д. Экстракод обращения к дополнительной странице по считыванию и записи информации из указанной математической страницы. Этот экстракод позволяет использовать дополнительные страницы не только как буфер или канал, но и для хранения информации.

е. Экстракод передачи управления с возвратом на указанное слово данной дополнительной или математической страницы без использования индекса-регистра.

ж. Экстракод возврата, связанный с экстракодом передачи управления с возвратом.

Экстракоды «э», «ж» позволяют организовывать систему обращения к библиотечным программам без выделения для этих целей объемов математической памяти, а используя дополнительные страницы.

з. Экстракод возврата из программы-ветви, служащий для организации программ, реагирующих на конец обменов с прерыванием счета задачи.

и. Экстракод «конец работы», по которому осуществляется возврат к следующему оператору начальной программы.

к. Экстракод защиты указанной страницы по ключу. В этом случае указанная страница защищается и при попытке обращения к ней со стороны данной программы произойдет прерывание, которое будет квалифицировано как ошибка программы.

л. Экстракод снятия защиты по ключу. Этот экстракод снимает защиту со страницы в том случае, если ключ, по которому она была закрыта, совпадает с ключом, по которому ее открывают.

м. Экстракод считывания содержания физической ячейки памяти, который весьма полезен при работе супервизорных задач, идущих в режиме обычных рабочих программ.

*Поступила в редакцию 3.04.1968*