

собой информацию: где находятся исходные данные, какую СП нужно использовать, куда послать результаты и в какое место основной программы передать управление после работы СП.

Заметим, что работа по включению открытых СП в основную программу может быть возложена на специальную программу, называемую объединяющей программой. В этом случае все СП составляются в истинных адресах, начиная с одной и той же ячейки, а объединяющая программа вызывает СП на нужное место и перерабатывает ее адреса так, чтобы подпрограмма могла работать на назначенном для нее месте. Место, на котором должна работать СП, задается в виде кода, представляющего собой информацию для объединяющей программы. Такая автоматизация включения СП в основную программу экономит много сил и времени, а также позволяет избежать ошибок, обычно сопровождающих работу по ручному включению стандартных подпрограмм в основную программу.

Рассмотрим подробнее переработку адресов стандартных подпрограмм при размещении их в заданном месте МОЗУ. Стандартная подпрограмма, как и всякая программа, состоит из команд, исходных данных и вспомогательных кодов.

Исходные данные СП представляют собой:

а) аргументы функции, вычисляемой по СП (задаются в общей программе);

б) числа, нужные в процессе вычислений этой функции (обычно это коэффициенты расчетных формул, используемых в СП).

Вспомогательные коды представляют собой:

а) коды, которые не зависят ни от места, на котором будет работать СП при включении в общую программу, ни от вида общей программы. Такими вспомогательными кодами будут константы переадресации, константы для выделения частей кодов, логические шкалы и т. д.;

б) коды, зависящие от места, на котором будет размещена в МОЗУ СП, или от размещения в МОЗУ и вида основной программы. Такими вспомогательными кодами будут коды, предназначенные для восстановления изменяемых команд СП, для формирования команд и т. д.

Адреса, входящие в стандартные подпрограммы, можно разбить на три группы.

1. *Постоянные адреса*, не зависящие ни от вида общей программы, использующей СП, ни от того места в МОЗУ, на котором располагается СП, например третий адрес и

первый адрес команды перехода после цикла, используемой для организации цикла.

2. *Внутренние адреса*, зависящие только от места, на котором располагается СП в МОЗУ, и не зависящие от вида общей программы. Например, адреса команд СП являются внутренними адресами.

3. *Внешние адреса*, зависящие только от вида общей программы и не зависящие от места, на котором располагается СП в МОЗУ при работе, например адреса аргументов СП, если только до начала работы СП эти аргументы не посланы в стандартные ячейки.

Переработку СП (т. е. придание внутренним и внешним адресам нужных значений) осуществляет специальная программа, называемая обычно объединяющей или составляющей*). Иногда определение внешних адресов производится в самой СП по заданной ей информации.

В § 3.8 описывается интерпретирующая система стандартных программ ИС-2, принятая в большинстве организаций, имеющих машину типа М-20.

3.8. СИСТЕМА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИС-2

3.8.1. Библиотечные подпрограммы

При решении задач самого разного характера часто приходится вычислять одни и те же функции ($\sin x$, e^x и т. д.) или решать одни и те же вспомогательные задачи (например, нахождение корней уравнений определенного типа, перевод числа из одной системы счисления в другую и т. д.). Целесообразно, чтобы однажды составленная группа команд для вычисления такой функции или решения типовой задачи могла быть многократно использована. С этой целью такие подпрограммы собираются в библиотеку. Для того чтобы воспользоваться библиотечной подпрограммой, требуется выполнить определенную вспомогательную работу согласно правилам пользования этой подпрограммой. Желательно, чтобы эти правила для разных подпрограмм, по возможности, меньше отличались друг от друга. Поэтому при создании библиотеки нужна стандартная внутренняя организация входящих в нее под-

*1) Одной из задач интерпретирующих систем также является аналогичная переработка СП (но без включения СП в основную программу). (Прим. ред.)

программ. Стандартность вспомогательной работы позволяет переложить ее на вычислительную машину, т. е. автоматизировать процесс обращения к библиотеке. Такая автоматизация может быть достигнута различными средствами. В некоторых вычислительных машинах проблема удобного обращения к подпрограммам библиотеки решается аппаратно, т. е. с помощью специальных дополнительных устройств, являющихся частью вычислительной машины. Например, в некоторых машинах имеется специальный накопитель для библиотечных подпрограмм и предусмотрены специальные команды для обращения к этому накопителю. В машинах, где устройства подобного рода отсутствуют (такими например, являются машины с системой команд типа М-20), задача удобного пользования библиотекой может быть решена с помощью некоторой обслуживающей программы, т. е. программным путем. В настоящем параграфе разбирается интерпретирующая система ИС-2, которая является одним из возможных способов решения рассматриваемой задачи для машин типа М-20. Эта система разработана под руководством докт. физ.-мат. наук, проф. М. Р. Шура-Бура.

3.8.2. Интерпретирующая система ИС-2

При составлении системы ИС-2 преследовалась цель — расширить код машины до псевдокода, включающего в качестве элементарных операций операции, выполняемые по библиотечным подпрограммам, которые в дальнейшем мы будем называть стандартными подпрограммами (СП). Другими словами, программист, пользующийся системой ИС-2, имеет дело как бы с новой вычислительной машиной, система команд которой значительно расширена за счет стандартных подпрограмм.

Такой метод предполагает наличие в памяти машины во время счета специальной вспомогательной программы, истолковывающей выбранный псевдокод. Эта вспомогательная программа, которую мы будем называть программой ИС-2, выполняет роль устройства управления новой машины, кодом которой является выбранный псевдокод.

Основным режимом работы является выполнение команд, заданных в обычном коде. Переход от нормального выполнения команд к командам, заданным в псевдокоде, происходит только в результате передачи управления программе ИС-2, которая расшифровывает этот псевдокод. С этой

целью перед информацией, заданной в псевдокоде (условленным образом), ставится команда передачи управления на программу ИС-2.

После того как псевдокод расшифрован, т. е. выполнены действия по СП, управление вновь передается на основную программу, которая продолжает выполняться в основном режиме до следующего обращения к интерпретирующей программе.

При использовании ИС-2 программа, расшифровывающая псевдокод, должна находиться во внутренней памяти машины на протяжении всего процесса счета; поэтому часть памяти, занимаемая программой ИС-2, не может быть использована для других целей.

Сами стандартные подпрограммы располагаются в МЗУ. Каждой подпрограмме присваивается четырехзначный восьмеричный номер. Специальный каталог, называемый постоянной таблицей характеристик (ПТХ), содержит сведения о местоположении всех СП в МЗУ. ПТХ располагается на одном из магнитных барабанов.

При обращении к СП указывается ее номер. По этому номеру из ПТХ извлекается «адрес» местоположения требуемой СП в МЗУ. Согласно этому «адресу» СП вызывается в МОЗУ на специально отведенную для этой цели часть памяти — рабочее поле (РП) — и там выполняется.

Псевдокод, с помощью которого задается обращение к СП, обязательно должен содержать номер той стандартной подпрограммы, которую требуется выполнить (точно так же, как обычная машинная команда должна содержать номер выполняемой операции). Характер остальной информации, содержащейся в псевдокоде, определяется видом выполняемой СП. Например, для СП, реализующих вычисление функций вида $y = f(x)$, нужно указать две ячейки: откуда требуется взять аргумент и куда заслать результат. Для СП обращения матрицы нужно задать местоположение элементов матрицы в памяти.

Вызов СП из МЗУ в оперативную память связан с дополнительной затратой времени. С целью уменьшения потерь времени подпрограммы, вызванные на рабочее поле, сохраняются на нем, так что при повторных обращениях уже не требуется новых считываний СП из МЗУ. В том случае, когда производится обращение к подпрограмме, для размещения которой не хватает свободной части рабочего поля, вызванные ранее подпрограммы затираются и на их место вызываются новые.

Если рабочее поле имеет достаточные размеры, то не возникает необходимости в повторных вызовах СП из МЗУ. Так как размеры рабочего поля могут быть изменены по желанию программиста, то замедление, в сущности, не является следствием интерпретации, а происходит в результате выбранного распределения памяти.

В последующих разделах этого параграфа подробно разбирается механизм интерпретации.

3.8.3. Постоянная таблица характеристик (ПТХ)

Каждая строка постоянной таблицы характеристик представляет собой полный 45-разрядный двоичный код и занимает отдельную ячейку на отведенной под ПТХ части барабана. При этом N -я строка ПТХ содержит информацию о местоположении в МЗУ подпрограммы с номером N . Эта информация задана в виде кода

1 50	УЧ	$A_{МЗУ}$	$n-1$
------	----	-----------	-------

(1)

где первые два адреса указывают местоположение программы в памяти, а третий равен числу кодов в подпрограмме, уменьшенному на единицу.

Подпрограмма вызывается в МОЗУ с помощью команд:

7544	1 50	УЧ	$A_{МЗУ}$	$n-1$
7545	4 70	0000	7544	0000

(2)

первая из которых есть строка, взятая из ПТХ. При этом содержимое РА равно адресу ячейки МОЗУ, начиная с которой производится вызов.

Например, если СП располагается на втором барабане с ячейки 2100 и состоит из 0250 кодов, то соответствующая этой стандартной подпрограмме строка ПТХ будет иметь вид

1 50	0012	2100	0247
------	------	------	------

(3)

3.8.4. Составление стандартных подпрограмм

В процессе счета стандартные подпрограммы вызываются на рабочее поле. При этом в результате различных вызовов одна и та же СП может занимать различные места на рабочем поле. Для того чтобы обеспечить правильную работу СП, независимо от того, какое место она занимает, принимаются следующие меры.

Каждая подпрограмма пишется в расчете на то, что она при выполнении помещается в оперативную память, начиная с ячейки с адресом 2000.

После того как СП вызвана на рабочее поле, производится переработка ее внутренних адресов. Внутренним адресом считается каждый адрес, заключенный между 2000 и $2000 + n - 1$, где n — количество кодов в СП. Переработка состоит в том, что к каждому внутреннему адресу прибавляется величина Δ , равная разности $(\alpha_{СП} - 2000)$, где $\alpha_{СП}$ — адрес начала СП на рабочем поле. После такой корректировки внутренних адресов начинается выполнение СП.

Предусматривается наличие в СП инвариантных строк, которые не перерабатываются независимо от содержащихся в них адресов. Инвариантные строки должны быть собраны в одну группу, которой должна предшествовать строка, имеющая вид

0 00	0000	l	0000
------	------	-----	------

(4)

где l — число инвариантных строк в группе. Только первая из строк вида (4) воспринимается как строка, указывающая на наличие группы инвариантных строк. Другие строки того же вида не влияют на корректировку подпрограммы. Очевидно, что строки, не содержащие внутренних адресов, оказываются инвариантными независимо от их местоположения в подпрограмме.

Итак, от стандартной подпрограммы требуется, чтобы она была составлена таким образом, что если ее поместить в любое место накопителя, предварительно переработав внутренние адреса указанным выше способом, то она в случае передачи на нее управления должна проработать правильно.

Сформулированное требование не является сколько-нибудь серьезным ограничением. Во-первых, оно выпол-

няется автоматически для подавляющего большинства программ и, во-вторых, всегда может быть удовлетворено путем незначительного видоизменения имеющейся программы.

Корректировку внутренних адресов подпрограммы, связанную с изменением ее начала, обычно называют настройкой подпрограммы по месту.

3.8.5. Рабочее поле (РП) и таблица характеристик (ТХ)

Программа ИС-2 и стандартные константы занимают ячейки МОЗУ с адресами от 7501 до 7767 (см. приложение). Перед программой ИС-2 располагается рабочее поле. Стандартное рабочее поле имеет своим началом ячейку 7200, а концом — ячейку с адресом 7477. Размеры рабочего поля могут быть произвольными. Начало РП определяется содержимым второго адреса ячейки 7615, который может меняться. Конец же рабочего поля всегда одинаковый.

Рабочее поле служит не только для вызова и выполнения стандартных подпрограмм, но и для хранения так называемой таблицы характеристик (ТХ), формируемой в процессе счета. Таблица характеристик заполняется от ячейки 7477 в сторону уменьшения адресов. Каждое обращение к СП, к которой до этого не производилось обращений, порождает новую строку ТХ, соответствующую этой СП. Порядок строк ТХ определяется порядком обращений к соответствующим СП. Для подпрограммы, первое обращение к которой производилось раньше, строка ТХ окажется в ячейке с большим адресом. Исключение составляет строка ТХ для программы обмена (СП-0000), которая всегда занимает ячейку с адресом 7500; независимо от того, когда к ней производится обращение. Каждая строка ТХ содержит информацию о номере СП, которой она соответствует, и об адресе начала СП в МОЗУ в том случае, если подпрограмма находится в оперативной памяти. В этом случае строка ТХ имеет вид

0 16	N	$\alpha_{СП}$	7616	(5)
------	-----	---------------	------	-----

где N — номер СП и $\alpha_{СП}$ — адрес начала СП в МОЗУ.

В процессе счета рабочее поле заполняется стандартными подпрограммами с одной стороны и строками ТХ — с другой. Свободная часть рабочего поля определяется

двумя меняющимися в процессе работы адресами. Адрес первой свободной ячейки рабочего поля фиксируется во втором адресе кода, хранящегося в ячейке с адресом 7541. Адрес последней из сформированных строк ТХ, т. е. начала ТХ, хранится во втором адресе кода из ячейки с адресом 7504. Напомним, что концом ТХ всегда является ячейка 7500 (строка ТХ для СП-0000).

Как уже отмечалось выше, в процессе счета может наступить момент, когда для вызова очередной СП не хватает свободной части рабочего поля. В этом случае рабочее поле стирается. При стирании фактически уничтожаются только подпрограммы, расположенные на рабочем поле. В строках ТХ для уничтоженных подпрограмм $\alpha_{СП}$ заменяется на адрес 7705.

Таким образом, если строка ТХ имеет вид

0 16	N	7705	7616	(6)
------	-----	------	------	-----

то стандартной программы с номером N в МОЗУ нет.

3.8.6. Работа программы ИС-2

Обращение к программе ИС-2 осуществляется по команде

0 16	x	7501	7610	(7)
------	-----	------	------	-----

где x — адрес строки, следующей за командой обращения.

В строке с адресом x по второму адресу обычно должен быть указан N — номер СП, к которой производится обращение. Эта строка рассматривается как псевдокоманда с кодом операции N . Остальная часть этой псевдокоманды (т. е. не занятая под номер N) служит для дополнительной информации. Для некоторых подпрограмм дополнительная информация не уместается в одну строку и может занимать также ячейки с адресами $x + 1$, $x + 2$, $x + 3$ и т. д.

Использование и извлечение этой дополнительной информации производится во время выполнения СП; поэтому ее вид определяется тем, как составлена эта СП, и никаких добавочных ограничений на ее характер и кодировку не

накладывается. Возврат к основной программе после выполнения СП обычно осуществляется путем передачи управления на команду, непосредственно следующую за последней из ячеек с информацией. В частности, если вся входная информация помещается в ячейке с адресом x , то после выполнения СП управление будет передано команде с адресом $x + 1$.

Первая часть программы ИС-2 начинает свою работу с того, что ищет в ТХ строку, соответствующую СП, к которой производится обращение. Если в ТХ такой строки не оказывается, то к ТХ дописывается новая строка, имеющая вид

0 16	N	7705	7616
------	---	------	------

(8)

где N — номер этой СП.

После того как адрес соответствующей строки ТХ определен (это адрес найденной строки или вновь сформированной), строка обращения к программе ИС-2 (7) заменяется на строку

0 16	x	A _{ТХ}	7610
------	---	-----------------	------

(9)

где $A_{ТХ}$ — адрес строки ТХ для СП.

Затем управление передается строке ТХ с адресом $A_{ТХ}$. В зависимости от того, расположена ли данная СП в МОЗУ или нет, строка ТХ имеет вид (5) или (6). В первом случае строка ТХ отсылает на выполнение подпрограммы, во втором — управление передается в ячейку с адресом 7705, с которой начинается вторая часть программы ИС-2. На этом заканчивается работа первой части программы ИС-2.

Заменой команды обращения к программе ИС-2 на строку (9) обеспечивается то, что при повторных обращениях к программе ИС-2 по команде из ячейки с адресом $x - 1$ (например, если эта команда принадлежит циклу) первая часть программы ИС-2 уже выполняться не будет, а в результате обращения управление будет передано непосредственно строке ТХ.

Если данной СП нет в МОЗУ, то в результате выполнения строки ТХ управление будет передано на вторую

часть программы ИС-2. Передача управления сопровождается занесением в ячейку 7616 кода

0 16	0000	N	0000
------	------	---	------

(10)

где N — номер СП.

Во второй части программы ИС-2 из МЗУ вызывается N -я строка ПТХ, из которой извлекается число n — количество кодов в СП; определяется величина свободной части рабочего поля (по содержимому ячеек 7541 и 7504) и затем проверяется, можно или нельзя поместить СП на свободной части РП. При наличии такой возможности СП вызывается из МЗУ на рабочее поле, начиная с первой свободной ячейки РП, и настраивается по месту.

Затем в качестве нового начала свободной части рабочего поля заносится адрес ячейки, непосредственно следующей за последней ячейкой вызванной стандартной подпрограммы. В строке ТХ для этой СП адрес 7705 заменяется на адрес начала СП в МОЗУ, и управление передается прокорректированной строке ТХ.

Если свободной части РП не хватает для вызова СП, то производится так называемое стирание рабочего поля, которое состоит в том, что все вторые адреса строк ТХ, соответствующих подпрограммам, расположенным на рабочем поле, заменяются на 7705, и в качестве начала свободной части рабочего поля указывается адрес начала РП (т. е. содержимое ячейки 7615 пересылается в 7541). После этого вновь проверяется возможность размещения СП на рабочем поле. Если СП может быть размещена на РП, то работа программы ИС-2 продолжается, как было описано выше (СП вызывается на РП, настраивается по месту и т. д.). Если же и на этот раз СП не помещается на РП, то происходит остановка в ячейке с адресом 7747. Это означает, что для решения данной задачи необходимо отвести рабочее поле большего размера, чем отведено.

Остановимся подробнее на процессе стирания рабочего поля. После стирания от СП, расположенных на РП, остаются только строки ТХ. Хотя приказы самой СП и сохранены, но на эту СП мы больше попасть не можем, так как $\alpha_{СП}$ заменено на 7705. Другими словами, уничтожена возможность доступа в СП. Во время решения задачи размеры рабочего поля могут меняться, точнее, может меняться

ся адрес начала. Может оказаться, что в результате изменения начала рабочего поля некоторая подпрограмма окажется частично расположена на рабочем поле, а частично — за его пределами (рис. 19). Такая подпрограмма при стирании рабочего поля должна быть уничтожена, так как при вызовах новых СП часть ее, которая находится на рабочем поле, будет стерта. Те же подпрограммы, которые расположены целиком выше рабочего поля, при стирании могут быть сохранены.

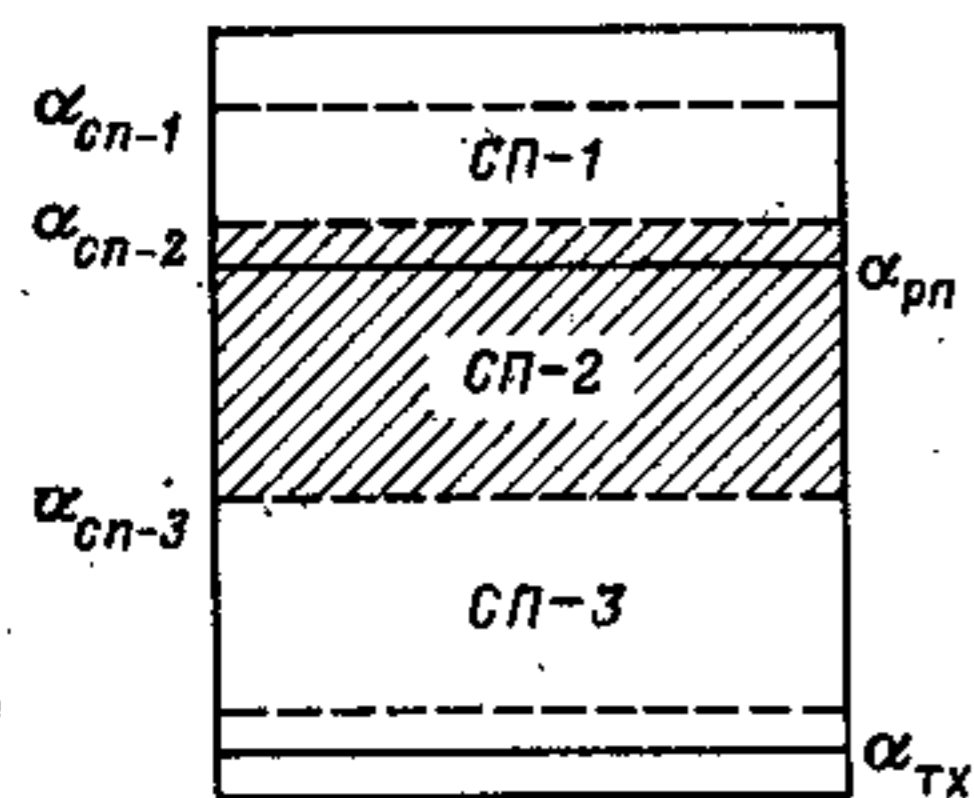


Рис. 19. Пример стирания рабочего поля (РП).

В примере, приведенном на рис. 19, будут уничтожены СП-3 и СП-2, а СП-1 сохранится.

В примере, приведенном на рис. 19, будут уничтожены СП-3 и СП-2, а СП-1 сохранится.

3.8.7. Изменение размеров рабочего поля

Как уже отмечалось, размеры рабочего поля определяются содержимым второго адреса кода из ячейки 7615. Поэтому, для того чтобы уменьшить или увеличить РП, необходимо изменить содержимое ячейки 7615. В общем случае, когда изменение размеров РП производится во время счета, этого недостаточно. Необходимы дополнительные меры, обеспечивающие в дальнейшем правильную работу программы ИС-2.

Изменение РП должно сопровождаться стиранием содержимого рабочего поля, так как если этого не делать, то может возникнуть несоответствие между адресом начала свободной части РП, хранящимся в ячейке 7541, и адресом начала из ячейки 7615. Например, при уменьшении адреса начала РП может оказаться, что адрес начала свободной части РП меньше, чем адрес общего начала РП. Это может привести к неверной работе программы ИС-2. Поэтому обычно для изменения размеров РП выполняются две команды:

0 52	$\alpha_{рп}$	0000	7615
0 00	7504	0000	7541

первая из которых заносит адрес нового начала $\alpha_{рп}$ в ячейку 7615, а вторая в качестве адреса свободной части РП засы-

лает начало таблицы характеристик в ячейку 7541. Это обеспечит при первом же вызове СП из МЗУ стирание содержимого РП, которое сопровождается занесением в качестве начала свободной части РП содержимого ячейки 7615. Надо помнить, что при стирании РП, если новое начало РП не совпадает с началом какой-либо из стандартных подпрограмм, находящейся в МОЗУ, будет стерта нижняя из СП, начало которой находится выше $\alpha_{рп}$, если такие СП имеются. Обратимся к примеру, приведенному на рис. 20. Пусть в некоторый момент счета в МОЗУ находились три СП: две (СП-1 и СП-2) — выше рабочего поля, а СП-3 — на рабочем поле. Затем с помощью команд

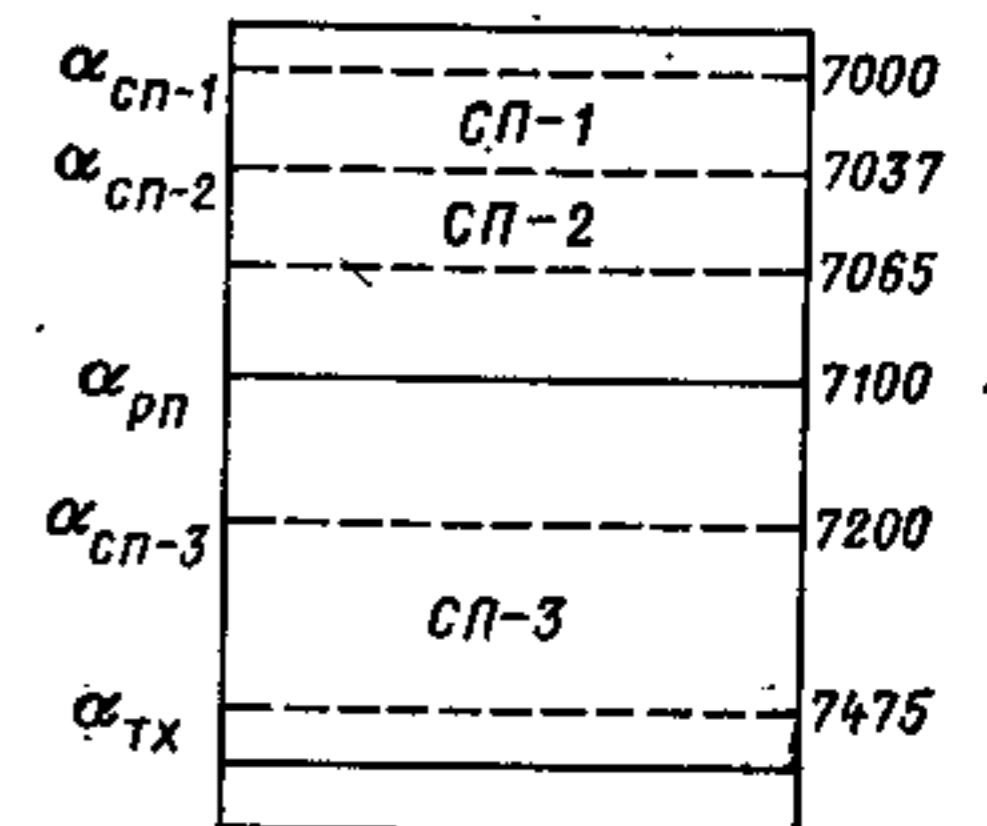


Рис. 20. Пример стирания рабочего поля (РП) при изменении его длины.

0 52	7100	0000	7615
0 00	7504	0000	7541

начало РП было заменено на 7100. После этого при первом же вызове СП из МЗУ произойдет стирание РП. В результате согласно алгоритму стирания будет стерта СП-2, т. е. нижняя из СП, начала которых расположены выше нового начала РП.

3.8.8. Вспомогательные блоки

Части программы ИС-2, выполняющие описанные выше функции, занимают ячейки с адресами 7501—7572 и 7705—7711. Кроме этих частей в состав программы ИС-2 включены вспомогательные блоки, производящие определенные операции при выполнении стандартных подпрограмм. Эти блоки являются по существу общими частями большинства СП. Включение их в состав программы ИС-2 позволяет сократить размеры СП, правда, за счет некоторого увеличения времени работы СП, связанного с передачей управления из СП к этим блокам и с обратной передачей управления к СП.

3.8.9. Блок засылки информации (БЗИ)

Обращение к блоку БЗИ из СП обеспечивается командой

0 16	γ	7573	7601
------	----------	------	------

(12)

где γ — адрес ячейки, куда должно быть передано управление после выполнения блока.

В результате такого обращения производятся следующие действия.

Запоминается в ячейке 7521 состояние РА, с которым выполнялась команда (12), а именно: в ячейку 7521 записывается код

0 52	0000	[РА]	0000
------	------	------	------

(13)

Затем информация из ячейки с адресом x , где x — содержимое второго адреса кода из ячейки 7610*), записывается в виде трех кодов соответственно в ячейках с адресами 7604, 7616, 7607:

7604	$\pi_1 00$	КОП	A1	0000	0000
7616	$0\pi_2 0$	КОП	0000	A2	0000
7607	$00\pi_3$	КОП	0000	0000	A3

(14)

если в ячейке с адресом x хранится код

$\pi_1 \pi_2 \pi_3$	КОП	A1	A2	A3
---------------------	-----	----	----	----

(15)

После этого в ячейку 7610 заносится код

0 16	0000	$x \div 1$	0000
------	------	------------	------

(16)

*) Напомним, что при обращении к СП в ячейку 7610 засылается код

0 16	0000	x	0000
------	------	-----	------

где x — адрес ячейки, следующей за командой обращения к СП.

и управление передается в ячейку с адресом γ , указанным в обращении к блоку (12). При этом состояние РА то же самое, что и при обращении к БЗИ.

Повторными обращениями к БЗИ можно аналогичным образом переработать информацию из ячеек с адресами $x + 1$, $x + 2$ и т. д.

Каждое новое обращение к БЗИ требуется производить, не меняя состояния РА (либо необходимо предусматривать восстановление РА перед каждым обращением).

Так как при каждом обращении новая информация будет засылаться на место ранее занесенной, а именно в ячейки 7604, 7616, 7607, то последнюю необходимо использовать до нового обращения или переслать для запоминания в другие ячейки памяти.

Информация, которую получает СП в результате выполнения БЗИ, представляет собой набор адресов. В целом ряде случаев требуется выборка кодов, хранящихся по этим адресам. С этой целью в состав программы ИС-2 включены блок выборки первого аргумента (БЗА₁) и блок выборки второго аргумента (БЗА₂).

3.8.10. Блок выборки первого аргумента (БЗА₁)

Для того чтобы обратиться к блоку БЗА₁, требуется выполнить команду

0 16	γ	7602	7554
------	----------	------	------

(17)

где γ — адрес возврата.

Работа этого блока начинается с обращения к блоку БЗИ, после чего к коду из ячейки 7604 приформировывается единица третьего адреса и полученная при этом в ячейке 7604 команда

$\pi_1 00$	КОП	A1	0000	0001
------------	-----	----	------	------

(18)

выполняется. Значение РА в этот момент равно значению, с которым выполнялось обращение (17). После этого РА очищается и управление передается в ячейку с адресом γ . Содержимое ячеек с адресами 7521, 7616, 7607, 7610 такое же, как после выполнения блока БЗИ.

Характер действий, которые производятся в результате обращения к БЗА₁, определяется видом разрядов кода операции (КОП) ячейки κ . Например, при коде операции, равном 00 или 75, содержимое из ячейки с адресом $A1'$ ($A1' = A1 + \kappa_1 [PA]$) будет просто перенесено в ячейку 0001. Если же употребить КОП, равный 52 или 72, то в ячейку 0001 запишется код

0 52	0000	$A1'$	0000
------	------	-------	------

(19)

Выбирая соответствующий код операции, можно добиться того, чтобы при обращении к блоку БЗА₁ пересылка числа из ячейки $A1'$ в ячейку 0001 сопровождалась округлением, нормализацией, взятием модуля и т. д.

К блоку БЗА₁ так же, как к блоку БЗИ, можно обращаться многократно. Однако перед каждым новым обращением требуется восстанавливать РА (например, по ячейке 7521), так как в результате работы БЗА₁ регистр адреса очищается.

3.8.11. Блок засылки второго аргумента (БЗА₂)

Обращение к блоку БЗА₂ задается командой

0 16	γ	7611	7554
------	----------	------	------

(20)

где γ — адрес возврата.

В момент обращения к БЗА₂ в ячейках 7601, 7607 и 7521 должна содержаться следующая информация:

7601	000	16	0000	7603	0000
7607	$00\kappa_3$	КОП	0000	0000	АЗ
7521	000	52	0000	[РА]	0000

(21)

По этой информации БЗА₂ в ячейке с адресом 7604 формирует команду

$\kappa_3 00$	КОП	АЗ	0000	0001
---------------	-----	----	------	------

(22)

которую затем выполняет, предварительно переслав содержимое ячейки 0001 в ячейку 0002 и заслав на регистр адреса содержимое второго адреса кода из ячейки 7521.

После исполнения команды (22) управление передается в ячейку γ . Передача управления сопровождается очисткой РА.

Обычно обращение к БЗА₂ производится непосредственно после обращения к БЗА₁, при работе которого обеспечивается содержимое ячеек 7521, 7601 и 7607, необходимое для работы БЗА₂.

Для обращения к БЗА₂ в любом другом случае нужно занести в ячейки 7521, 7601 и 7607 требуемую информацию. Например, для того чтобы обратиться к БЗА₂ сразу после выполнения БЗИ, нужно перед командой обращения (20) выполнить команду, засылающую в ячейку 7601 код

0 16	0000	7603	0000
------	------	------	------

(23)

так как после выполнения БЗИ обеспечивается содержимое ячеек 7521 и 7607 такое, которое требуется для работы БЗА₂, а в ячейку 7601 команда обращения к БЗИ заносит адрес возврата — γ . В таком случае обращение к БЗА₂ осуществляется двумя командами:

m	0 16	7603	$m+1$	7601
$m+1$	0 16	γ	7611	7554

(24)

3.8.12. Блок засылки результата (БЗР) и уход из стандартной подпрограммы

В силу того, что операции, выполняемые по СП, нами рассматриваются как расширение системы команд машины, требуется, чтобы после выполнения СП было восстановлено то состояние РА, которое было при обращении к СП. Дру-

гими словами, операции, выполняемые по СП, должны сохранять состояние РА так же, как это происходит при выполнении обычных команд, кроме команд, специально предназначенных для изменения РА.

Поэтому в программе ИС-2 предусмотрены специальные команды, обеспечивающие запоминание и восстановление РА стандартным образом и возврат из СП на основную программу в команду, следующую за обращением к этой СП. Уход из СП осуществляется по команде

0 16	7610	7600	7601	(25)
------	------	------	------	------

Уход производится следующим образом: восстанавливается РА по содержимому второго адреса кода из ячейки 7521 и управление передается в ячейку 7610, в которой в этот момент обычно хранится код

0 16	0000	$k+k$	0000	(26)
------	------	-------	------	------

где $k+k$ — адрес ячейки, следующей за последней строкой выполняемого обращения; k — адрес второй строки обращения; k — количество строк обращения, не считая первой строки вида 0 16 k 7501 7610.

Работа многих стандартных подпрограмм заканчивается занесением результата вычислений в ячейку, адрес которой указывается в обращении. Для выполнения этой операции в состав программы ИС-2 введен так называемый блок засылки результата (БЗР), обращение к которому имеет вид

0 16	7606	7600	7601	(27)
------	------	------	------	------

Работа этого блока состоит в следующем. К коду, хранящемуся в ячейке 7607, приформировывается единица первого адреса, затем полученная таким образом команда выполняется при РА, равном содержимому второго адреса ячейки 7521, и управление передается в ячейку 7610, где обычно стоит команда ухода на основную программу.

После обработки информации, входящей в обращение к СП, с помощью вспомогательных блоков в ячейке 7607 содержится код

00 π_3	КОП	0000	0000	А3	(28)
------------	-----	------	------	----	------

записанный при работе блока БЗИ.

Поэтому в результате обращения к БЗР выполнится команда

00 π_3	КОП	0001	0000	А3	(29)
------------	-----	------	------	----	------

которая осуществит пересылку содержимого ячейки 0001, куда СП заносит результат вычислений, в ячейку с адресом А3', равным $A3 + \pi_3 [РА]$, где [РА] — содержимое регистра адреса, с которым происходило обращение к СП.

Заметим, что информация, содержащаяся в обращениях и перерабатываемая с помощью вспомогательных блоков, допускает модификацию при помощи регистра адреса точно так же, как это делается в обычных машинных командах.

3.8.13. Пример стандартной подпрограммы, использующей блоки БЗА₁ и БЗР

Рассмотрим стандартную подпрограмму вычисления функции $y = \sin x$ (СП-0005):

2000	016	2010	7602	7554	Обращение к БЗА ₁
2001	102	6220	7732	5042	π
2002	271	7126	1700	6042	a_{11}
2003	075	5177	7765	5042	a_9
2004	300	4626	4106	7216	a_7
2005	102	5063	2736	0020	a_5
2006	303	5125	6747	0703	a_3
2007	102	6220	7732	5034	a_1
2010	004	0001	2001	0001	x/π
2011	041	0001	7752	0003	Выделение ближайшего целого M
2012	002	0003	7752	0002	
2013	002	0001	0002	0002	Дробная часть z
2014	055	0003	7721	0000	$\omega = 1$ при четном M
2015	036	2002	2017	0003	
2016	015	7712	0002	0002	Смена знака на обратный
2017	005	0002	0002	0001	

2020	005	0001	0003	0003	} Вычисление полинома $p(z^2)$
2021	201	0003	2003	0003	
2022	112	0004	2020	0001	
2023	005	0003	0002	0001	
2024	016	7606	7600	7601	Обращение к БЗР

Для вычисления $\sin x$ аргумент x представляется в виде $(M + z)\pi$, где M — целое, а $|z| \leq 0,5$.
Значение функции вычисляется по формуле

$$\sin x = (-1)^M \sin(x - M\pi) = (-1)^M \sin \pi z.$$

Величина $\sin \pi z$ вычисляется по формуле $\sin \pi z = zP(z^2)$, где

$$P(z^2) = a_1 + a_3 z^2 + a_5 z^4 + \dots + a_{11} z^{10}.$$

Обращение к этой СП имеет вид

$x-1$	0 16	x	7501	7610	(30)
x	π 00	x	0005	y	

где x — адрес ячейки, в которой хранится аргумент;
 y — адрес ячейки результата.

После того как СП вызвана на РП и настроена по месту, управление передается первой команде, которая является обращением к блоку БЗА₁. В результате работы блока БЗА₁ состояние РА запоминается в ячейке 7521, содержимое ячейки с адресом x отправляется в ячейку 0001, регистр адреса очищается и управление передается команде, с которой начинается собственно вычисление функции. Эта команда имеет внутренний адрес 2010.

Программа непосредственного вычисления синуса занимает ячейки с внутренними адресами от 2010 до 2023. Значение $\sin x$ получается в ячейке 0001. По команде с внутренним адресом 2024 управление передается блоку засылки результата, который восстанавливает РА, пересылает результат из ячейки 0001 в ячейку с адресом y и передает управление в ячейку с адресом $x + 1$.

3.8.14. Блоки фиксации, запоминания и восстановления

Для того чтобы было возможно обращаться из одной стандартной подпрограммы к другим, требуется проделать определенную вспомогательную работу, вызванную следующим обстоятельством.

Дело в том, что обращение из некоторой СП, которую мы назовем основной, к другим может привести к такой ситуации, когда для очередной СП, к которой обращается

основная стандартная подпрограмма, не хватает свободной части рабочего поля. В этом случае производится стирание РП, в результате которого может быть уничтожена сама основная СП; это делает невозможным продолжение счета.

Если же эту основную СП поместить в начало РП и в качестве нового начала РП заслать адрес ячейки, непосредственно следующей за основной СП, то никаких неприятностей, связанных со стиранием РП, возникнуть не может, так как основная СП находится за пределами РП, а те стандартные подпрограммы, к которым она обращается, вызываются на рабочее поле. Поэтому, если для какой-либо подпрограммы не хватает свободной части РП, то будут стерты только те стандартные подпрограммы, которые расположены на рабочем поле, а основная стандартная подпрограмма останется неприкосновенной. Блок фиксации (БФ) и служит для осуществления этих мер. Всякая подпрограмма, в которой встречаются обращения к другим подпрограммам, должна начинаться с обращения к блоку БФ; обращение к БФ занимает две строки:

2000	252	$2000 + n - 1$	0000	7601	(31)
2001	016	2002	7617	7625	

Здесь n — количество кодов в СП (длина СП).

В результате настройки по месту, которая производится при вызове СП из МЗУ на рабочее поле, внутренний адрес $2000 + n - 1$ заменяется на истинный адрес последней ячейки СП на рабочем поле. По команде с внутренним адресом 2000 этот адрес запоминается в ячейке 7601. Вторая команда обращения передает управление на блок фиксации. Передача управления сопровождается запоминанием в качестве адреса возврата адреса третьей команды СП, которая имеет внутренний адрес 2002. Работа блока состоит в следующем. Проверяется, где расположена СП. Если стандартная подпрограмма находится внутри рабочего поля ($\alpha_{СП} > \alpha_{РП}$), то производится стирание рабочего поля и СП вызывается повторно в начало РП, после чего вновь управление передается первой команде СП. В случае, когда СП находится выше РП или в его начале ($\alpha_{СП} \leq \alpha_{РП}$), то в качестве нового начала РП в ячейку 7615 заносится адрес,

равный $\max(\alpha_{рп}, \alpha_{сп} + n)^*$. Если новое значение не совпадает со старым, то старое запоминается в ячейке программы ИС-2 с адресом 7700. После этого БФ передает управление команде 2002.

При обращении из одной подпрограммы к другой затирается находящаяся в ячейках программы ИС-2 информация, необходимая для продолжения работы основной СП. Поэтому перед тем как обратиться к новой СП из основной подпрограммы, требуется запомнить эту информацию для того, чтобы была возможность потом ее восстановить и продолжить счет. В состав программы ИС-2 включены блоки запоминания (БЗ) и восстановления (БВ), которые выполняют эту работу. Для обращения к блоку запоминания задается одна команда:

0 32	0000	7626	γ	(32)
------	------	------	----------	------

где γ — адрес ячейки, в которую засылается запоминаемая информация**).

Точнее в ячейку с адресом γ записывается код

0 52	κ	$\alpha'_{рп}$	[РА]	(33)
------	----------	----------------	------	------

где κ , $\alpha'_{рп}$, [РА] — вторые адреса кодов из ячеек 7610, 7700 и 7521:

7610	0 16	0000	κ	0000
7700	0 52	0000	$\alpha'_{рп}$	0000
7521	0 52	0000	[РА]	0000

После занесения в ячейку γ кода (33) управление передается в ячейку с адресом $\gamma + 1$. Передача управления сопровождается очисткой РА.

*) Если СП целиком расположена за пределами рабочего поля, то размеры РП при этом не меняются.

**) Обычно в качестве γ указывается внутренняя ячейка СП.

Чтобы восстановить информацию для программы ИС-2, следует обратиться к блоку восстановления с помощью двух команд:

m_1	0 32	0000	m_2	γ
m_2	0 16	s	7633	7601

где m_1 , m_2 — адреса соответственно первой и второй команд обращения к БВ, которые могут занимать произвольное положение одна относительно другой; γ — адрес ячейки, по содержимому которой восстанавливается информация; s — адрес ячейки, куда передается управление после восстановления.

При этом, если в ячейке γ хранился код (33), то в ячейки 7521, 7610 и 7615 будут занесены коды:

7521	0 52	0000	[РА]	0000
7610	0 16	0000	$\kappa - 1$	0000
7615	0 52	0000	$\alpha'_{рп}$	0000

Затем блок БВ обращается к блоку БЗИ, в результате работы которого восстанавливается содержимое ячеек программы ИС-2 с адресами 7604, 7616, 7607, 7610, что дает возможность без всяких дополнительных мер при дальнейшей работе основной подпрограммы использовать блоки БЗИ, БЗА₁, БЗА₂ и БЗР.

Если основная подпрограмма зафиксирована в начале рабочего поля, т. е. в качестве нового начала заслан адрес ячейки, непосредственно следующей за основной СП, то в ячейке 7700 хранится адрес старого начала РП. В результате работы блока восстановления фактически будет снята эта фиксация. Другими словами, старые размеры рабочего поля будут восстановлены и основная подпрограмма вновь окажется в пределах РП. Поэтому в дальнейшей своей работе основная подпрограмма не может обращаться к другим СП. Предусмотрена возможность, при которой в результате работы блока восстановления старые размеры

рабочего поля не восстанавливаются, т. е. не меняется содержимое ячейки 7615. Для того чтобы воспользоваться этой возможностью, достаточно во второй команде обращения к БВ адрес 7633 заменить на адрес 7634.

Наличие в программе ИС-2 блоков БФ, БЗ и БВ позволяет довольно просто обращаться из одной СП к другим. Последние, в свою очередь, тоже могут обращаться к стандартным подпрограммам (сколько угодно раз). Однако никакая из СП не имеет возможности обратиться сама к себе или использовать СП, которая содержит обращение к ней самой*).

3.8.15. Обновление программы ИС-2

Для обновления программы ИС-2 (например, при повторном просчете) в состав самой программы ИС-2 включены команды вызова этой программы из МЗУ в МОЗУ. Обновление может быть осуществлено, если выполнить команду

0 16	γ	7766	7477	(37)
------	---	------	------	------

которая передает управление командам вызова. При обновлении в ячейки 7615, 7541 и 7504 засылаются стандартные значения, а именно:

7615	0 52	0000	7200	0000	(38)
7541	0 52	0000	7200	0000	
7504	0 52	0000	7500	0000	

Поскольку в качестве начала таблицы характеристик засылается новое значение, равное адресу 7500, то таблица характеристик фактически стирается и при дальнейшей работе начинает заполняться вновь. Если до обновления какая-то строчка ТХ соответствовала некоторой определенной СП, то после обновления эта же строчка может соот-

* В приложении приведен другой (более поздний) вариант ИС-2, который содержит блок рекурсий, обеспечивающий возможность таких обращений. (Прим. ред.)

ветствовать совсем другой СП или вообще не соответствовать никакой. Обновление программы ИС-2 обязательно должно сопровождаться обновлением счетных программ или, по крайней мере, обновлением всех обращений к СП.

Дело в том, что в процессе счета вторые адреса первых строк обращений к стандартным подпрограммам заменяются на адреса строк ТХ, соответствующих СП, к которым производятся обращения. При обновлении программы ИС-2 таблица характеристик стирается (в качестве ее начала засылается адрес 7500). В процессе дальнейшей работы заполняется новая ТХ. Если в обращении к какой-либо СП при вызове программы ИС-2 не был восстановлен второй адрес первой строки, то ее выполнение приведет к передаче управления на строку, которая в прежней ТХ соответствовала этой СП. Теперь эта строка может находиться вообще за пределами новой ТХ или соответствовать совсем другой СП. И в том и в другом случае счет продолжить нельзя. Для того чтобы обновить обращения, достаточно заменить вторые адреса первых строк обращения на число 7501. Обычно это осуществляется повторным вводом программы из МЗУ.

3.8.16. Константы ИС-2

При программе ИС-2 имеется набор констант. Помимо констант, используемых в самой программе ИС-2 и в некоторых стандартных подпрограммах библиотеки, в имеющийся набор включены константы, часто встречающиеся при программировании. Наличие таких констант в памяти машины на местах, навсегда для них отведенных, несколько облегчает процесс программирования. Адреса ячеек, содержащих те или иные константы, выбраны таким образом, чтобы по возможности облегчить их запоминание программистом. Например, константы для переадресации адресов на единицы имеют адреса с 7721 по 7727 (см. программу ИС-2 в приложении).

Последняя восьмеричная цифра адреса константы указывает на то, единицы каких адресов присутствуют в константе. Так константа 7721 — единица третьего адреса, 7722 — второго, 7723 — второго и третьего и т. д.

Ячейки программы ИС-2 с 7651 до 7673 в описываемом варианте не используются. Они оставлены для добавлений, которые могут иметь место в будущем (см. другой вариант ИС-2 в приложении).

3.8.17. Краткая сводка сведений об ИС-2

Команды обращения к СП:

к-1	0 16	к	7501	7610
к	л КОП	А1	N	A2

(39)

Строка ПТХ для подпрограммы:

1 50	УЧ считывания	A _{МЗУ}	n-1
------	---------------	------------------	-----

(40)

Строка ТХ для СП:

а) подпрограммы нет в МОЗУ

0 16	N	7705	7616
------	---	------	------

(41)

б) подпрограмма есть в МОЗУ

0 16	N	$\alpha_{СП}$	7616
------	---	---------------	------

(42)

Информация о рабочем поле:

$\alpha_{РП}$ — начало рабочего поля

7615	0 52	0000	$\alpha_{РП}$	0000
------	------	------	---------------	------

(43)

a — первая свободная ячейка РП

7541	0 52	0000	a	0000
------	------	------	---	------

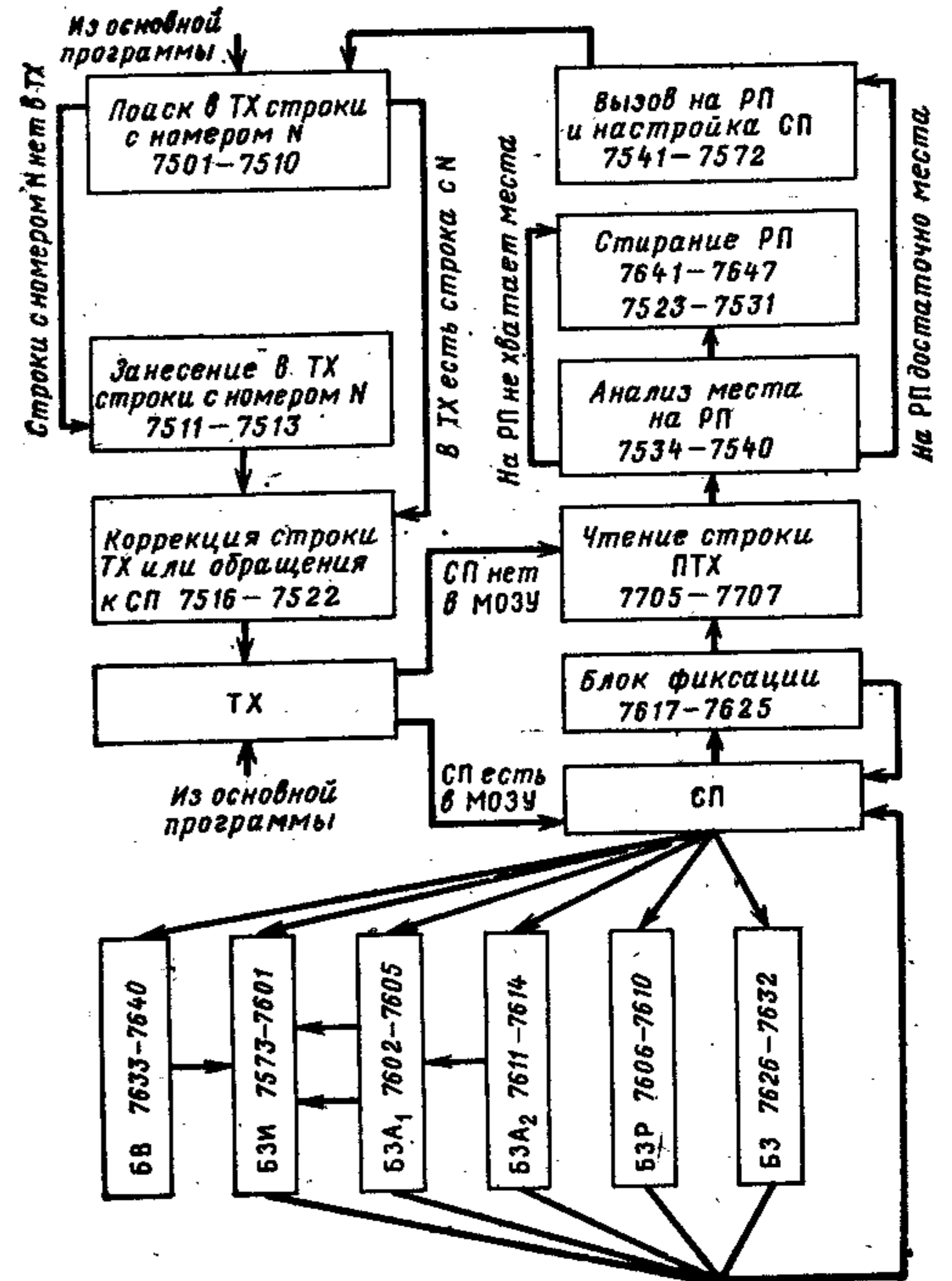
(44)

$\alpha_{ТХ}$ — начало таблицы характеристик

7504	0 52	0000	$\alpha_{ТХ}$	0000
------	------	------	---------------	------

(45)

Блок-схема программы ИС-2



$x + k$ — адрес возврата к основной программе

7610	0 16	0000	$x + k$	0000	(46)
------	------	------	---------	------	------

[РА] — исходное состояние РА

7521	0 52	0000	[РА]	0000	(47)
------	------	------	------	------	------

3.9. ИНТЕРПРЕТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ИС-22

ИС-22 является модернизацией интерпретирующей системы ИС-2 (см. § 3.8), позволяющей более полно использовать возможности машин М-220, М-220М, М-222, БЭСМ-4, связанные с расширением оперативной и внешней памяти, а также с расширением системы команд по сравнению с М-20.

ИС-22 обеспечивает правильное выполнение программ, написанных для ИС-2, и допускает новую форму обращения к СП из любого куба МОЗУ для машин М-220, М-220М, М-222, БЭСМ-4. ИС-22 размещается в ячейках 7500—7767 куба 1 и в ячейках 7700—7767 куба 0, а рабочее поле — в кубе 1.

3.9.1. Постоянная таблица характеристик (ПТХ) ИС-22

Каждая строка ПТХ представляет собой 45-разрядный двоичный код и занимает отдельную ячейку в отведенном для ПТХ поле на магнитном барабане.

N -я строка ПТХ содержит информацию о местоположении в МЗУ подпрограммы с номером N . Эта информация задана в виде кода

1 50	РП УЧ	$A_{МЗУ}$	$n-1$	(48)
------	-------	-----------	-------	------

где первые два адреса указывают местоположение программы, а третий равен числу кодов в подпрограмме, уменьшенному на единицу. Первые две восьмеричные цифры первого адреса задают значение РП МБ или РП МЛ, используемое при вызове СП.

ИС-22 вызывает подпрограмму в МОЗУ с помощью команд

7544	1 50	00 УЧ	$A_{МЗУ}$	$n-1$	(49)
7545	4 70	0000	7544	0000	

Перед выполнением этих команд в РП МБ или РП МЛ заносится заданное в ПТХ значение. Первая команда получается из ПТХ стиранием первых двух восьмеричных цифр первого адреса. Содержимое РА равно адресу ячейки МОЗУ, начиная с которой производится вызов.

Пример. Если СП располагается на МБ с ячейки 54120 и состоит из 116 (восьмеричных) кодов, то соответствующая этой подпрограмме строка ПТХ будет иметь вид

1 50	0111	4120	0115	(50)
------	------	------	------	------

3.9.2. Составление стандартных подпрограмм

К стандартным подпрограммам предъявляются те же требования, что и в системе ИС-2 (см. § 3.8). Имеется отличие только в использовании блока рекурсий.

3.9.3. Рабочее поле (РП) и таблица характеристик (ТХ)

Программа ИС-22 и стандартные константы занимают ячейки МОЗУ с адресами от 7501 до 7767 куба 1 и ячейки 7700—7767 куба 0. Перед программой ИС-22 в кубе 1 располагается рабочее поле. Стандартное начало РП — ячейка 7200, конец всегда фиксирован в 7477. Размеры рабочего поля могут быть произвольными. Начало РП определяется содержимым второго адреса ячейки 7615 куба 1.

Рабочее поле служит не только для вызова и выполнения СП, но и для хранения таблицы характеристик (ТХ), формируемой и изменяемой в процессе счета. Таблица характеристик заполняется, начиная с ячейки РП с адресом 7477, в сторону уменьшения адресов. Каждое обращение к СП, к которой до этого не производилось обращений, порождает

новую строку ТХ, соответствующую этой СП. Порядок строк ТХ определяется порядком обращений к соответствующим СП. Для подпрограммы, первое обращение к которой производилось раньше, строка ТХ окажется в ячейке с большим адресом. Исключение составляет строка ТХ для программы обмена (СП-0000), которая всегда занимает ячейку с адресом 7500, независимо от того, когда к ней производится обращение. Каждая строка ТХ содержит информацию о номере СП, которой она соответствует, и об адресе начала СП в МОЗУ в том случае, если подпрограмма находится в оперативной памяти. В этом случае строка ТХ имеет вид

0 16	N	$\alpha_{СП}$	7616	(51)
------	-----	---------------	------	------

где N — номер СП и $\alpha_{СП}$ — адрес начала СП в МОЗУ.

В процессе работы рабочее поле заполняется СП с одной стороны и строками ТХ — с другой. Свободная часть РП определяется двумя меняющимися в процессе работы адресами. Адрес первой свободной ячейки РП фиксируется в А2 ячейки 7541. Адрес последней из сформированных строк ТХ (начало ТХ) хранится в А2 ячейки 7504. Концом ТХ всегда является ячейка 7500 (строка ТХ для СП-0000).

В процессе счета может наступить момент, когда для вызова очередной СП не хватит свободной части РП. В этом случае рабочее поле стирается. При стирании уничтожаются только СП, расположенные на рабочем поле. В строках ТХ для уничтоженных СП $\alpha_{СП}$ заменяется на адрес 7705. Следовательно, если строка ТХ имеет вид

0 16	N	7705	7716	(52)
------	-----	------	------	------

то СП с номером N в МОЗУ нет.

3.9.4. Работа программы ИС-22

Обращение к программе ИС-22 осуществляется из любого куба МОЗУ по команде $x - 1$.

$x-1$	0 50	1130	7501	7610	(53)
-------	------	------	------	------	------

В строке с адресом x , следующей за командой обращения, во втором адресе должен быть указан номер СП N (исключение составляет только обращение к СП-0000). Эта строка рассматривается как псевдокоманда с кодом операции N . Остальная часть псевдокоманды, не занятая под номер N , служит для дополнительной информации. Дополнительная информация может занимать также в случае необходимости и некоторое требуемое количество последующих строк (ячейки $x + 1$, $x + 2$ и т. д.).

Использование и извлечение всей дополнительной информации производится во время выполнения СП, поэтому вид информации определяется тем, как составлена данная СП, и никаких добавочных ограничений на ее характер и кодировку не накладывается.

Возврат к основной программе после выполнения СП обычно осуществляется путем передачи управления на команду, непосредственно следующую за последней из ячеек с информацией.

Если РП КРА=1 и РП АЗ=1, то для выполнения СП можно писать обращение по команде

$x-1$	0 16	x	7501	7610	(54)
-------	------	-----	------	------	------

при условии, что А2 ячейки x есть N , где N — номер требуемой СП.

Такая форма обращения использовалась в ИС-2; она сохранена в ИС-22 в целях программной совместимости.

Как при первой, так и при второй форме обращения команда из $x - 1$ будет заменена программой ИС-22 на команду

0 50	1130	$A_{ТХ}$	7610	(55)
------	------	----------	------	------

где $A_{ТХ}$ — адрес строки ТХ, соответствующей программе N .

Первая часть программы ИС-22 начинается с команды в 7501. Исходной информацией служит информационная строка из ячейки 7610. В ТХ отыскивается строка, соответствующая СП, к которой производится обращение. Если

в ТХ такой строки нет, то в ТХ дописывается новая строка, имеющая вид

0 16	N	7705	7616	(56)
------	-----	------	------	------

После этого строка обращения к ИС-22 заменяется на строку

$k-1$	0 50	1130	$A_{ТХ}$	7610	(57)
-------	------	------	----------	------	------

где $A_{ТХ}$ — адрес строки ТХ для СП.

Затем управление передается строке ТХ с адресом $A_{ТХ}$. В зависимости от того, расположена ли данная СП в МОЗУ или нет, строка ТХ имеет вид (51) или (56). В первом случае строка ТХ отсылает на выполнение подпрограммы, во втором управление передается в ячейку 7705, с которой начинается вторая часть программы ИС-22.

При помощи замены команды обращения к ИС-22 на строку (55) добиваются того, что при повторных обращениях к программе ИС-22 по команде из ячейки с адресом $k-1$ первая часть программы ИС-22 уже выполняться не будет, а в результате обращения управление будет передано строке ТХ.

Если данной СП нет в МОЗУ, то в результате выполнения строки ТХ управление будет передано на вторую часть программы ИС-22. Передача управления сопровождается занесением в ячейку 7616 кода

0 16	0000	N	0000	(58)
------	------	-----	------	------

где N — номер СП.

Во второй части программы ИС-22 из МЗУ вызывается N -я строка ПТХ, из которой извлекается число n — количество кодов в СП; по содержимому ячеек 7541 и 7504 определяется величина свободной части РП и проверяется, можно или нельзя поместить СП на свободной части РП. При наличии такой возможности СП вызывается из МЗУ на рабочее поле, начиная с первой свободной ячейки РП, и настраивается по месту.

Затем в качестве нового начала свободной части рабочего поля заносится адрес ячейки, непосредственно следующей

за последней ячейкой вызванной СП. В строке ТХ для этой СП адрес 7705 заменяется на адрес начала СП в МОЗУ, и управление передается прокорректированной строке ТХ, а оттуда — в СП.

Если свободной части РП не хватает для размещения СП, то производится так называемое стирание рабочего поля, состоящее в том, что все вторые адреса строк ТХ, соответствующих программам, расположенным на РП, заменяются на 7705, и в качестве начала свободной части РП указывается адрес начала РП (т. е. содержимое ячейки 7615 пересылается в 7541). После этого вновь проверяется возможность размещения СП на РП. Если СП помещается на РП, то работа ИС-22 продолжается, как это было описано выше (СП вызывается на РП, настраивается по месту и т. д.). Если СП по-прежнему не помещается на освободившейся части РП, происходит программная остановка в ячейке 7760 куба 0. Это означает, что для решения данной задачи необходимо отвести большее рабочее поле.

3.9.5. Изменение размеров рабочего поля

Производится так, как описано в п. 3.8.7; следует иметь в виду, что ячейки 7615 и 7541 принадлежат кубу номер 1.

3.9.6. Вспомогательные блоки

В ИС-22 предусмотрены блоки, которые выполняют некоторые вспомогательные операции при исполнении стандартных программ. Эти блоки являются общими частями большинства СП. Включение их в состав ИС-22 позволяет сократить размеры СП за счет некоторого увеличения времени работы СП, связанного с обращением к блокам и выходом из них.

3.9.7. Блок засылки информации (БЗИ)

Обращение к этому блоку обеспечивается командой

0 16	γ	7573	7601	(59)
------	----------	------	------	------

где γ — адрес ячейки, куда передается управление после выхода из блока.

В результате обращения к БЗИ информация, находящаяся в ячейке, адрес которой указан в А2 ячейки 7610, и имеющая вид

π_1	π_2	π_3	КОП	A1	A2	A3
---------	---------	---------	-----	----	----	----

(60)

будет записана в ячейках 7604, 7616, 7607 в виде таких кодов:

7604	$\pi_1 00$	КОП	A1	0000	0000
7616	$0\pi_2 0$	КОП	0000	A2	0000
7607	$00\pi_3$	КОП	0000	0000	A3

(61)

а А2 7610 будет увеличен на единицу.
В ячейке 7673 БЗИ оставляет код

000	0000	r_k r_1 r_2 r_3	0000
-----	------	-------------------------	------

(62)

где r_k , r_1 , r_2 , r_3 — содержимое РП КРА, РП А1, РП А2, РП А3 перед обращением к ИС-22.

Информация, которую получает СП в результате работы БЗИ, представляет собой набор адресов. Часто требуется выборка кодов, хранящихся по этим адресам. Для этого в ИС-22 включены блоки выборки аргументов.

3.9.8. Блок засылки первого аргумента (БЗА₁)

Обращение к блоку обеспечивается командой

0 16	γ	7602	7554
------	----------	------	------

(63)

где γ — адрес выхода из блока.

При работе блока произойдет обращение к БЗИ, и код из 7604 преобразуется в команду

$\pi_1 00$	КОП	A1	0000	0001
------------	-----	----	------	------

(64)

которая выполнится при исходном значении РА и при исходном значении РП А1.

3.9.9. Блок засылки второго аргумента (БЗА₂)

Обращение к блоку обеспечивается командой

0 16	γ	7611	7554
------	----------	------	------

(65)

где γ — адрес выхода из блока.

В результате работы блока содержимое ячейки 0001 пересылается в 0002 и выполняется команда

$\pi_3 00$	КОП	A3	0000	0001
------------	-----	----	------	------

(66)

при исходном значении РА и при исходном значении РП А3, которое пересылается в РП А1. Обращение к БЗА₂ может быть осуществлено только после обращения к БЗА₁ и при условии, что не менялось содержимое ячейки 7601.

3.9.10. Блок засылки результата (БЗР) и уход из стандартной подпрограммы

Обращение к блоку БЗР обеспечивается командой

0 16	7606	7600	7601
------	------	------	------

(67)

Блок преобразует код, извлеченный блоком БЗИ в ячейку 7607, в команду

$00\pi_3$ КОП	0001	0000	A3
---------------	------	------	----

(68)

которая исполняется при исходных значениях РА и РП А3. В результате этого при кодах 00, 15, 75 в ячейку А3 куба r_3 будет послано содержимое ячейки 0001 куба 1.

Затем восстанавливается содержимое ω , РА и регистров приращений, которое имелось до обращения к ИС-22, и происходит уход в основную программу для продолжения вычислений (в ячейку, адрес которой указан в ячейке А2 7610).

Если обратиться к БЗР при помощи команды

0 16	7610	7600	7601	, (69)
------	------	------	------	--------

то засылки результата не будет, а произойдет лишь уход в основную программу с восстановлением исходного состояния РА и регистров приращения.

3.9.11. Блоки фиксации, запоминания и восстановления

В ИС-22 включен блок фиксации СП в начале рабочего поля (БФ). Этот блок обеспечивает возможность обращения из СП к другим СП (подробнее см. п. 3.8.14).

Обращение к этому блоку осуществляется двумя командами:

2000	2 52	$2000 + n - 1$	0000	7601	, (70)
2001	0 16	2002	7617	7625	

где n — количество кодов в фиксируемой СП.

Этими командами должна начинаться СП, использующая другие СП.

БФ определяет, где расположена СП; если СП не в начале РП, то она повторно вызывается в начало РП, а первая свободная за ней ячейка становится новым началом РП. Старое значение начала РП запоминается в ячейке 7700, и управление передается в 2002. При работе БФ состояние РА сохраняется.

При обращении из СП к СП информация, необходимая для продолжения работы первоначальной СП, затирается. Поэтому перед обращением она запоминается, а после выхода из СП — восстанавливается. В связи с этим в состав ИС-22 включены блок запоминания (БЗ) и блок восстановления (БВ).

Обращение к блоку запоминания осуществляется командой

0 32	0000	7626	γ	, (71)
------	------	------	----------	--------

где γ — адрес ячейки куба 1, в которой запоминается код из ячейки 7700:

0 52	0000	A_{PII}	0000
------	------	-----------	------

В $\gamma + 1$ запоминается содержимое ячейки 7610 (состояние регистров машины, запомненное командой с кодом 50 и с первым адресом 1130), а затем управление передается в $\gamma + 2$.

Чтобы восстановить состояние ИС-22, используя содержимое γ и $\gamma + 1$, достаточно обратиться к блоку БВ двумя командами

f_1	0 32	0000	f_2	γ	, (72)
f_2	0 16	η	7633	7601	

где η — адрес ячейки, в которую нужно передать управление по окончании работы БВ.

После работы БВ в ячейке 7610 восстановится из ячейки $\gamma + 1$ информация о состоянии регистров машины.

В ячейки 7521, 7615, γ запишутся коды:

7521	0 52	0000	РА	0000	, (73)
7615	0 52	0000	A_{PII}	0000	
γ	0 52	0000	0000	0000	

Перед передачей управления в η работает блок БЗИ, который восстанавливает содержимое ячеек 7604, 7616, 7607, а это позволяет использовать в первоначальной СП блоки БЗИ, БЗА₁, БЗА₂, БЗР.

Если при восстановлении не надо менять начало РП (в ячейке 7615), то достаточно при обращении к БВ выполнить команды

0 32	0000	f_1	γ
0 16	η	7634	7601

Для обеспечения работы блоков фиксации, запоминания и восстановления при прямом или косвенном обращении СП к самой себе в ИС-22 включен блок рекурсии (БР). При повторном обращении к СП после отыскания строки ТХ блок рекурсии позволяет продолжить просмотр строк ТХ, если

по СП, соответствующей найденной строке ТХ, счет еще не закончен. Таким образом, либо будет найдена свободная СП, либо подпрограмма обычным порядком будет вызвана еще раз.

3.9.12. Блок рекурсии

Для обращения к блоку рекурсии и последующего обращения к блоку фиксации подпрограмма, предусматривающая рекурсию, должна начинаться с команд

2000	2 52	$20000 \rightarrow n - 1$	0000	7601
2001	0 16	2002	2003	7625
2002	Собственно начало программы			
2003	0 16	γ	7661	7554

Отличие адресной части ячейки γ от нуля используется в обращении и к БР как признак того, что счет по подпрограмме еще не закончен. Команда 2002 может быть, например, обращением к БЗИ:

0 16	2004	7573	7601
------	------	------	------

или, например, просто

0 16	0000	2004	0000
------	------	------	------

Обращения к рекурсивным программам по команде

0 16	x	7501	7610
------	-----	------	------

следует выполнять только из ячейки $x - 1$ куба 1.

3.9.13. Обновление программы ИС-22

Обновление ИС-22 и ТХ при повторном просчете может быть выполнено при помощи команды

0 50	1130	7766	7477
------	------	------	------

или команды

0 16	k	7766	7477
------	-----	------	------

В первом случае после вызова ИС-22 управление будет передано следующей команде программы, а при втором способе — в ячейку k куба 1. Второй способ допустим только тогда, когда на РП КРА, РП А1, РП А2 и РП А3 находятся единицы.

3.9.14. Константы ИС-22

ИС-22 имеет набор констант в кубе 1 (ячейки 7701 — 7704 и с 7710 по 7765).

3.10. ВВОД ПРОГРАММ В МОЗУ

Рассмотрим ввод программы в МОЗУ. Система команд машин типа М-20 позволяет вводить при помощи одной команды нужное число массивов (под массивом будем понимать группу кодов, занимающую идущие подряд ячейки). Конец работы команды ввода определяется признаком конца ввода, пробитым на перфокарте. При программировании массивы снабжаются адресными кодами, показывающими, с какой ячейки должен вводиться данный массив.

Если производится ввод материала перед решением задачи, то нажатием кнопки ВВОД заносится на РК команда

0 10 0001 0001 0000.

Если ввод нужно производить не с первой ячейки, то перед первым массивом нужно поставить соответствующий адресный код.

Пример. Требуется вычислить значения функции

$$z = f(x, y) = ye^x + x^y$$

при всех заданных сочетаниях x и y ; результаты выдать на печать.

Величины x_i имеют следующие значения: 2,1; 3,7; 0,65; величины y_j имеют значения: 0,13; — 0,169.

Расположим исходные данные, начиная с ячейки 4001, в следующем порядке:

Программа ИС-2

$\omega=1$ N есть в ТХ	7500	0	16	0000	7705	7616	Строка ТХ для СП 0000
	7501	4	72	0000	7610	7521	$\kappa \rightarrow PA$ [PA] \rightarrow 7521
	7502	4	55	0000	7732	7616	N в A2
	7503	0	74	7750	7616	7554	N в A1
	7504	0	52	0000	7500	0000	$\alpha_{ТХ} \rightarrow PA$
	7505	4	15	0000	7554	7604	Поиск в ТХ строки с N
	7506	0	55	7734	7604	0000	
	7507	1	51	7500	7505	0001	
	7510	0	36	0000	7514	0000	
	7511	0	72	0000	7504	0000	$\alpha_{ТХ} \rightarrow PA$
	7512	6	52	7777	0000	7504	$\alpha'_{ТХ} = \alpha_{ТХ} - 1, \alpha'_{ТХ} \rightarrow PA$
	7513	1	15	7554	7715	7777	Засылка строки для N в ТХ
	7514	4	16	7777	7515	7554	
	7515	0	00	0000	0000	0000	$\alpha_{ТХ} \rightarrow 7554$

Исправле- ние стро- ки ТХ	7516	4	72	7777	7610	7601	$\kappa \rightarrow PA$ $\alpha_{ТХ} N \rightarrow 7601$
	7517	5	55	7777	7745	7777	Исправление $\kappa-1$ и строки ТХ
	7520	5	13	7777	7601	7777	
	7521	0	00	0000	0000	0000	Восстановление PA
	7522	0	56	0000	7554	7515	
Уход на стира- ние	7523	0	72	0000	7504	0000	$\alpha_{ТХ} \rightarrow PA$
	7524	4	55	0000	7732	7625	$\alpha_{СП}$ по A2
	7525	0	33	7625	7515	0000	$\alpha_{СП} < PП$
	7526	0	36	0000	7531	0000	
	7527	5	55	0000	7734	0000	N по A1
	7530	5	15	0000	7715	0000	Новая строка ТХ после стирания
	7531	1	12	7500	7524	0001	
	7532	0	15	7615	7541	0000	$\omega=1$ при $a_2=a_1$, не хватает PП
	7533	0	36	7615	7747	7541	
	7534	0	34	7751	7544	7607	(n-1) в A1
7535	0	14	0064	7607	0002	(n-1) в A2	
7536	0	13	7541	0002	0002	$\beta = a_2 \rightarrow n-1$	
7537	0	33	0002	7504	0000	При $\beta > \alpha_{ТХ}$ уход ($\omega=0$)	
Настройка по месту	7540	0	76	7745	7641	0003	Засылка const для особой строки
	7541	0	52	0000	7200	0000	$a_2 \rightarrow PA$
	7542	0	13	7607	7724	7607	n в A1
	7543	0	54	0114	7541	7515	В A1 старое a_2
	7544	0	00	0000	0000	0000	Считывание СП
7545	4	70	0000	7544	0000		
Внутрен- ний ли адрес?	7546	0	62	7515	7716	7625	Старое $a_2 - 2000 = \Delta$
	7547	2	13	0000	0000	7544	Выделение мантиссы
	7550	4	55	0000	0003	0000	Проба особой строки
	7551	6	52	0001	0001	7554	
	7552	0	76	7544	7556	7604	
	7553	0	13	7554	7544	7554	$a+l+1$
	7554	0	00	0000	0000	0000	$a+l+1 \rightarrow PA$
	7555	0	56	7747	7567	0003	
	7556	0	33	7604	7716	7601	$A1 - 2000 \geq 0?$
	7557	0	36	0000	7563	0000	
7560	0	33	7601	7607	0000	$A - 2000 - n < 0$	
7561	0	76	0000	7563	0000		
строка не особая	7562	0	41	7544	7625	7544	Собственно настройка
	7563	0	14	0064	7625	7625	
	7564	0	14	0114	7604	7604	Окончили настройку оче- редного кода
	7565	0	76	0000	7556	0000	

Продолжение

БЗИ	7566	3	53	7544	7777	7777	Восстановление КОП
	7567	0	33	0002	7554	0000	Проба конца настройки
БЗИ	7570	0	76	7541	7546	7601	$a_2' = a_2 + n$ → Уход на поиск в ТХ
	7571	0	15	7554	0000	7541	
	7572	0	16	7517	7503	7515	
	7573	4	72	0000	7610	7521	
БЗА ₁	7574	4	55	0000	7744	7604	$\kappa \rightarrow PA$
	7575	4	55	0000	7742	7616	$\pi_1 00$ КОП A_1 0000 0000
	7576	4	55	0000	7741	7607	$0\pi_2 0$ КОП 0000 A_2 0000
	7577	4	16	0001	7600	7610	$00\pi_3$ КОП 0000 0000 A_3
	7600	0	72	0000	7521	0000	0 16 0000 $\kappa \rightarrow 1$ 0000
	7601	0	00	0000	0000	0000	Восстановление РА
	7602	0	16	7603	7573	7601	
	7603	0	13	7604	7721	7604	
	7604	0	00	0000	0000	0000	
	7605	4	32	0000	7554	0000	
БЗР	7606	0	13	7607	7724	7607	
	7607	0	00	0000	0000	0000	
БЗА ₂	7610	0	16	0000	7477	0000	
	7611	0	14	0130	7607	7604	
	7612	0	53	7604	7713	7604	
	7613	0	55	7604	7744	7604	
	7614	0	56	0001	7600	0002	
БФ	7615	0	52	0000	7200	0000	a_1 — начало РП
	7616	0	00	0000	0000	0000	$N_{СП}$
	7617	0	33	7625	7703	7604	$\alpha_{СП}$
	7620	0	33	7601	7615	0000	$\omega = 1 \ a_1 > \alpha_{СП} \rightarrow n - 1$
	7621	0	36	7615	7625	7700	
	7622	0	33	7615	7604	0000	$\omega = 0 \ \alpha_{СП} \leq a_1$
	7623	0	36	0000	7650	0000	
	7624	0	13	7601	7722	7615	$a_1' = \alpha_{СП} + n_{СП}$
	7625	0	00	0000	0000	0000	Уход в СП
	Блок запо- минания	7626	0	14	0064	7521	7554
7627		1	13	7700	7554	0000	0 52 0000 a_1 [РА]
7630		0	34	7750	7610	7554	0 16 κ 0000 0000
7631		5	13	0000	7554	0000	0 52 κ a_1 [РА]
7632		6	32	0000	0001	0000	Уход в $\gamma + 1$
7633		4	55	0000	7742	7615	0 52 0000 a_1 0000
7634		2	14	0114	0000	7521	0 52 a_1 [РА] 0000
7635		2	14	0064	0000	7610	0 52 0000 κ a_1
7636		0	33	7610	7722	7610	0 52 0000 $\kappa - 1$ a_1
7637		0	72	0000	7521	0000	
7640	0	16	0000	7573	0000	Обращение к БЗИ	

Начало блока
стирания

7641	0	72	7777	7504	7625	7777 → Δ_m
7642	4	55	0000	7732	7604	$\alpha_{СП}$
7643	0	33	7615	7604	7601	$\Delta = a_1 - \alpha_{СП}$
7644	0	33	7601	7625	0000	$\omega = 1$ при $\Delta < \Delta_m$
7645	1	51	7501	7642	0001	$\Delta \rightarrow \Delta_m$
7646	0	76	7601	7523	7625	$\alpha_{СП} \rightarrow \alpha_m$
7647	0	56	7604	7642	7515	
7650	0	56	7504	7705	7541	$\alpha_{ТХ} \rightarrow a_2$
7651	0	00	0000	0000	0000	
7652	0	00	0000	0000	0000	
7653	0	00	0000	0000	0000	
7654	0	00	0000	0000	0000	
7655	0	00	0000	0000	0000	
7656	0	00	0000	0000	0000	
7657	0	00	0000	0000	0000	
7660	0	00	0000	0000	0000	
7661	0	00	0000	0000	0000	
7662	0	00	0000	0000	0000	
7663	0	00	0000	0000	0000	
7664	0	00	0000	0000	0000	
7665	0	00	0000	0000	0000	
7666	0	00	0000	0000	0000	
7667	0	00	0000	0000	0000	
7670	0	00	0000	0000	0000	
7671	0	00	0000	0000	0000	
7672	0	00	0000	0000	0000	
7673	0	00	0000	0000	0000	
7674	0	33	7500	0001	7767	
7675	0	10	7676	7676	0000	
7676	4	52	0000	0000	7521	
7677	0	16	0041	7503	7616	Старое a_1
7700	0	52	0000	0000	0000	
7701	7	77	7777	7777	0000	
7702	7	77	7777	0000	7777	
7703	0	00	0000	0002	0000	
7704	7	77	0000	7777	7777	
7705	4	72	0000	7616	7521	$N \rightarrow PA [PA] \rightarrow 7521$
7706	2	50	0413	7600	7544	
7707	0	70	7544	7534	0000	
7710	0	77	7777	7777	7777	
7711	1	00	0000	0000	0000	
7712	2	00	0000	0000	0000	
7713	3	00	0000	0000	0000	
7714	4	00	0000	0000	0000	
7715	0	16	0000	7705	7616	
7716	0	00	2000	0000	0000	
7717	7	00	0000	0000	0000	
7720	4	00	7777	7777	7777	
7721	0	00	0000	0000	0001	

Продолжение

7722	0	00	0000	0001	0000	
7723	0	00	0000	0001	0001	
7724	0	00	0001	0000	0000	
7725	0	00	0001	0000	0001	
7726	0	00	0001	0001	0000	
7727	0	00	0001	0001	0001	
7730	7	00	7777	7777	7777	
7731	0	00	0000	0000	7777	
7732	0	00	0000	7777	0000	
7733	0	00	0000	7777	7777	
7734	0	00	7777	0000	0000	
7735	0	00	7777	0000	7777	
7736	0	00	7777	7777	0000	
7737	0	00	7777	7777	7777	
7740	0	77	0000	0000	0000	
7741	1	77	0000	0000	7777	
7742	2	77	0000	7777	0000	
7743	3	77	0000	7777	7777	
7744	4	77	7777	0000	0000	
7745	5	77	7777	0000	7777	
7746	6	77	7777	7777	0000	
7747	7	77	7777	7777	7777	
7750	1	14	0000	0000	0000	
7751	1	30	0000	0000	0000	
7752	1	44	4000	0000	0000	
7753	1	45	0000	0000	0000	
7754	1	06	7122	7340	6462	180
7755	1	00	5427	1027	7575	π
7756	1	01	6220	7732	5042	$\ln 2$
7757	0	67	4061	1156	4571	$\pi/2$
7760	1	04	5000	0000	0000	0,001
7761	1	01	4000	0000	0000	10
7762	1	02	4000	0000	0000	1
7763	1	02	6000	0000	0000	2
7764	1	00	4000	0000	0000	3
7765	0	77	5252	5252	5253	1/2
7766	2	52	7500	0000	7504	1/3
7767	0	16	7674	7500	7610	Вызов ИС-2

Изменения в ИС-2

В процессе эксплуатации программа ИС-2 претерпела некоторые изменения.

Так, для обеспечения нормальной работы блоков фиксации, запоминания и восстановления при прямом или косвенном обращении стандартной подпрограммы к самой себе был включен блок рекурсии (БР), составленный К. В. Семенюк.

При повторном обращении к СП после отыскания строки ТХ блок рекурсии позволяет продолжить просмотр строк, если по СП, соответствующей найденной строке ТХ, счет еще не закончен. Та-

ким образом, либо будет найдена свободная СП, либо подпрограмма обычным порядком будет вызвана еще раз.

Обращение к блоку рекурсии осуществляется двумя командами:

2000	0 55	у	7737	0000
2001	0 76	0000	7651	0000

с которых должна начинаться подпрограмма, предусматривающая рекурсию. Необходимо, чтобы обращение к блоку фиксации в такой подпрограмме следовало за обращением к БР и имело вид:

2002	0 52	$2000+n-1$	0000	7601
2003	0 16	2004	7661	7625

и у те же, что в БФ, БЗ и БВ. Отличие адресной части ячейки у от нуля используется в обращении к БР как признак того, что счет по подпрограмме еще не закончен.

Первый адрес строки обращения к рекурсивным программам

0 16	х	7501	7610
------	---	------	------

изменять нельзя.

Подробно модифицированная программа ИС-2 описана в (14).

Модифицированная программа ИС-2

7500	0	16	0000	7705	7616	Строка ТХ для СП 0000
7501	4	72	0000	7610	7521	$x \rightarrow PA$ [PA] \rightarrow 7521
7502	4	55	0000	7732	7616	N в A2
7503	0	74	7750	7616	7544	N в A1
7504	0	52	0000	7500	0000	$\alpha_{TX} \rightarrow PA$
7505	4	15	0000	7544	7604	Поиск в ТХ строки с N
7506	0	13	7604	7734	7604	
7507	1	11	7500	7505	0001	
7510	1	71	0000	7514	7777	
7511	0	72	0000	7504	0000	$\alpha_{TX} \rightarrow PA$
7512	6	52	7777	7777	7504	$\alpha_{TX} = \alpha_{TX} - 1, \alpha_{TX} - 1 \rightarrow PA$
7513	1	15	7544	7715	0000	Засылка строки для N в ТХ
7514	4	16	0000	7515	7554	
7515	0	00	0000	0000	0000	
7516	4	72	0000	7610	7601	$x \rightarrow PA; \alpha_{TXN} \rightarrow 7601$

Продолжение

7517	5	55	7777	7745	7777	Исправление $\kappa-1$ (или строки ТХ) Восстановление РА В ТХ
7520	5	13	7777	7601	7777	
7521	0	00	0000	0000	0000	
7522	0	56	0000	7554	7515	
7523	0	72	0000	7504	0000	$\alpha_{ТХ} \rightarrow РА$
7524	4	55	0000	7732	7625	$\alpha_{СП}$ по А2
7525	0	33	7625	7515	0000	$\alpha_{СП} < \alpha_{РП}?$
7526	0	36	0000	7531	0000	N по А1 Новая строка ТХ после стирания
7527	5	55	0000	7734	0000	
7530	5	15	0000	7715	0000	
7531	1	12	7500	7524	0001	
7532	0	15	7615	7541	0000	$\omega=1$ при $a_2=a_1$ Не хватает РП ($n-1$) в А1 ($n-1$) в А2 $\beta=a_2+n-1$ При $\beta > \alpha_{ТХ}$ уход ($\omega=0$) Засылка const для особой строки $a_2 \rightarrow РА$ $n \rightarrow А1$ В А1 старое a_2 Считывание СП
7533	0	36	7615	7747	7541	
7534	0	34	7751	7544	7607	
7535	0	14	0064	7607	0002	
7536	0	13	7541	0002	0002	
7537	0	33	0002	7504	0000	
7540	0	76	7702	7641	0003	
7541	0	52	0000	7200	0000	
7542	0	13	7607	7724	7607	
7543	0	74	7750	7541	7515	
7544	0	00	0000	0000	0000	
7545	4	70	0000	7544	0000	
7546	0	62	7515	7716	7625	$a_{2СТ} - 2000 = \Delta$
7547	2	13	0000	0000	7544	Выделение мантиссы
7550	4	55	0000	0003	0000	Проба особой строки
7551	6	52	0001	0001	7554	$a+1 \rightarrow РА$
7552	0	76	7544	7556	7604	$a \oplus l+1$ $a \oplus l+1 \rightarrow РА$
7553	0	13	7554	7544	7554	
7554	0	00	0000	0000	0000	
7555	0	56	7747	7567	0003	
7556	0	33	7604	7716	7601	$A1 - 2000 > 0$
7557	0	36	0000	7563	0000	$A - 2000 - n < 0$
7560	0	33	7601	7607	0000	
7561	0	76	0000	7563	0000	
7562	0	41	7544	7625	7544	Собственно настройка
7563	0	14	0064	7625	7625	
7564	0	34	7750	7604	7604	Окончание настройки очередного кода
7565	0	76	0000	7556	0000	
7566	3	53	7544	7777	7777	Восстановление КОП Проба конца настройки
7567	0	33	0002	7554	0000	
7570	0	76	7541	7546	7601	$a'_2 = a_2 \oplus n$
7571	0	15	7554	0000	7541	

Продолжение

7572	0	16	7664	7503	7515	Уход на корректирование строки ТХ $\kappa \rightarrow РА$ π_1 0 0 КОП А ₁ 0000 0000 0 π_2 0 КОП 0000 А ₂ 0000 0 0 π_3 КОП 0000 0000 А ₃ 0 0 0 16 0000 $\kappa+1$ 0000 Восстановление РА
7573	4	72	0000	7610	7521	
7574	4	55	0000	7744	7604	
7575	4	55	0000	7742	7616	
7576	4	55	0000	7741	7607	
7577	4	16	0001	7600	7610	
7600	0	72	0000	7521	0000	
7601	0	00	0000	0000	0000	
7602	0	16	7603	7573	7601	
7603	0	13	7604	7721	7604	
7604	0	00	0000	0000	0000	
7605	0	32	0000	7554	0000	
7606	0	13	7607	7724	7607	a_1 — начало РП $N_{СП}$ $\alpha_{СП}$ $\omega=1, a_1 > \alpha_{СП} + n - 1$ $\omega=0, \alpha_{СП} < a_1$ $a'_1 = \alpha_{СП} + n_{СП}$ Уход в СП
7607	0	00	0000	0000	0000	
7610	0	16	0000	7477	0000	
7611	0	34	7751	7607	7604	
7612	0	53	7604	7713	7604	
7613	0	55	7604	7744	7604	
7614	0	56	0001	7600	0002	
7615	0	52	0000	7200	0000	
7616	0	00	0000	0000	0000	
7617	0	33	7625	7703	7604	
7620	0	33	7601	7615	0000	
7621	0	36	7615	7625	7700	
7622	0	33	7615	7604	0000	
7623	0	36	0000	7650	0000	
7624	0	13	7601	7722	7615	
7625	0	00	0000	0000	0000	
7626	0	14	0064	7521	7554	052 0000 0000 [РА]
7627	1	13	7700	7554	0000	052 0000 a_1 [РА]
7630	0	34	7750	7610	7554	016 κ 0000 0000
7631	5	13	0000	7554	0000	052 κ a_1 [РА]
7632	2	32	0000	0001	0000	Уход в $\gamma \oplus 1$
7633	4	55	0000	7742	7615	052 0000 a_1 0000
7634	2	34	7750	0000	7521	052 a_1 [РА] 0000
7635	2	14	0064	0000	7610	052 0000 κ a_1
7636	0	33	7610	7722	7610	052 0000 $\kappa-1$ a_1
7637	1	72	0000	7521	0000	052 0000 0000 0000
7640	0	16	0000	7573	0000	Обращение к БЗИ
7641	0	72	7777	7504	7625	7777 $\rightarrow \Delta_m$
7642	4	55	0000	7732	7604	$\alpha_{СП}$
7643	0	33	7615	7604	7601	$\Delta = a_1 - \alpha_{СП}$
7644	0	33	7601	7625	0000	$\omega=1$ при $\Delta < \Delta_m$

7645	1	51	7500	7642	0001
7646	0	76	7601	7523	7625
7647	0	56	7604	7642	7515
7650	0	56	7504	7705	7541
7651	0	56	7654	7501	7515
7652	0	56	7654	7505	7515
7653	0	56	7654	7501	7515
7654	6	52	0001	0000	7651
7655	0	00	0000	0004	0000
7656	0	00	0000	0000	0000
7657	0	00	0000	0000	0000
7660	0	00	0000	0000	0000

$\Delta \rightarrow \Delta_m$
 $\alpha_{СП} \rightarrow \alpha_m$

На поиск в ТХ
На продолжение поиска

7661	0	33	7625	7655	7604
7662	0	56	7653	7620	7651

Дополнение к блоку фиксации

7663	4	15	0000	7544	7604
7664	0	13	7604	7734	0000
7665	1	11	7500	7663	0001

Поиск в ТХ строки с N

7666	0	72	0000	7554	0000
7667	1	31	0000	7517	0001
7670	0	72	0000	7610	0000
7671	2	72	0000	7777	0000
7672	4	16	0000	7673	7554
7673	1	32	0000	7517	0001

$A_{ТХ} \rightarrow PA$
 $A_{ТХ} + 1 \rightarrow PA$
 $x \rightarrow PA$
 $A_{ТХ} \rightarrow PA$
 $A_{ТХ} \rightarrow 7554$
 $A_{ТХ} + 1 \rightarrow PA$

7674	0	10	7500	0001	7767
7675	0	10	7676	7676	0000
7676	4	52	0000	0000	7521
7677	0	16	0041	7503	7616
7700	0	52	0000	0000	0000
7701	7	77	7777	7777	0000
7702	7	77	7777	0000	7777
7703	0	00	0000	0002	0000
7704	7	77	0000	7777	7777

Старое α_1

7705	4	72	0000	7616	7521
7706	2	50	0410	7600	7544
7707	0	70	7544	7534	0000

$N \rightarrow PA$
Считывание строки ПТХ с МБ

7710	0	77	7777	7777	7777
7711	1	00	0000	0000	0000
7712	2	00	0000	0000	0000
7713	3	00	0000	0000	0000
7714	4	00	0000	0000	0000
7715	0	16	0000	7705	7616
7716	0	00	2000	0000	0000
7717	7	00	0000	0000	0000

7720	4	00	7777	7777	7777
7721	0	00	0000	0000	0001
7722	0	00	0000	0001	0000
7723	0	00	0000	0001	0001
7724	0	00	0001	0000	0000
7725	0	00	0001	0000	0001
7726	0	00	0001	0001	0000
7727	0	00	0001	0001	0001
7730	7	00	7777	7777	7777
7731	0	00	0000	0000	7777
7732	0	00	0000	7777	0000
7733	0	00	0000	7777	7777
7734	0	00	7777	0000	0000
7735	0	00	7777	0000	7777
7736	0	00	7777	7777	0000
7737	0	00	7777	7777	7777
7740	0	77	0000	0000	0000
7741	1	77	0000	0000	7777
7742	2	77	0000	7777	0000
7743	3	77	0000	7777	7777
7744	4	77	7777	0000	0000
7745	5	77	7777	0000	7777
7746	6	77	7777	7777	0000
7747	7	77	7777	7777	7777
7750	1	14	0000	0000	0000
7751	1	30	0000	0000	0000
7752	1	44	4000	0000	0000
7753	1	45	0000	0000	0000
7754	1	06	7122	7340	6462
7755	1	00	5427	1027	7575
7756	1	01	6220	7732	5042
7757	0	67	4061	1156	4571
7760	1	04	5000	0000	0000
7761	1	01	4000	0000	0000
7762	1	02	4000	0000	0000
7763	1	02	6000	0000	0000
7764	1	00	4000	0000	0000
7765	0	77	5252	5252	5253
7766	2	52	7500	0000	7504
7767	0	16	7674	7500	7610
	2	61	5472	5621	3404

$180/\pi$
 $\ln 2$

$\pi/2$
0,001

10

1

2

3

1/2

1/3

Обновление ИС

Контрольная сумма

ИС-22 (I часть)

7500	0	50	1130	7603	7616	016 0000 7705 7616
7501	0	50	1130	7603	7616	016 7502 7573 7601
7502	0	33	7610	7722	7610	Восстановление 7610 после БЗИ
7503	0	54	0114	7616	7544	$N_{СП}$ в А1,
7504	0	52	0000	7500	0000	$\alpha_{ТХ}$

7505	4	15	0000	7544	7604
7506	0	13	7604	7734	7604
7507	1	11	7500	7505	0001
7510	1	71	0000	7514	7777
7511	0	72	0000	7504	0000
7512	6	52	7777	7777	7504
7513	1	15	7544	7715	0000
7514	4	16	0000	7515	7616
7515	0	00	0000	0000	0000
7516	4	72	0001	7610	7641
7517	0	00	0000	0000	0000
7520	1	13	7620	7616	0000
7521	0	16	7502	7573	7601
7522	0	50	1130	7616	0000
7523	1	71	0000	7514	7777
7524	0	36	7523	7527	7510
7525	0	33	7610	7722	7610
7526	0	16	7527	7550	7601
7527	0	72	0000	7616	0000
7530	5	55	0000	7745	0000
7531	5	13	0000	7674	0000
7532	4	16	0000	7521	7616
7533	0	14	0130	7607	7604
7534	0	53	7604	7713	7604
7535	0	55	7604	7744	7604
7536	0	14	0106	7603	7603
7537	0	13	7604	7721	7604
7540	0	16	7533	7603	7601
7541	0	52	0000	7200	0000
7542	0	13	7607	7724	7607
7543	0	54	0114	7541	7601
7544	0	56	7715	7625	7500
7545	4	70	0000	7544	0000
7546	0	50	0130	7723	0000
7547	0	50	1130	7663	7607
7550	0	14	0053	7610	7515
7551	0	55	7515	7732	7515
7552	0	13	7613	7515	7517
7553	0	14	0106	7517	7554
7554	0	16	7677	7573	7601
7555	0	14	0114	7610	7521
7556	4	72	0000	7521	7567
7557	4	72	0000	7610	7521
7560	4	55	0001	7744	7604
7561	4	55	0001	7742	7616
7562	4	55	0001	7741	7607
7563	0	57	0400	0100	0000
7564	0	54	0064	7610	7673
7565	0	55	7673	7732	7673

Поиск в TX заданного N
или 016 0000 7524 0000
РА: = α_{TX}
 $\alpha_{TX} := \alpha_{TX} - 1$; РА: = РА - 1
Запись новой строки TX
 $A_{TX} \rightarrow 7616$
или 016 7524 7506 7510
 $A_{TX} \rightarrow 7641$
РПА3: = РПКРА_{обр}
Коррекция строки обр
Восстановление РА_{обр}
РПА3: = 1 и уход в TX
Константа восстановления
7510
Обращение к БЗИ за A_{TX}
(в 7616)
 $A_{TX} \rightarrow PA$
Коррекция строки TX
Уход на восстановление РА
и в TX
БЗА2
Формирование РПА1: =
РПА3_{обр}
→ на засылку аргумента
 α_{PII}
Подготовка к настройке
150 (ПТХ) } Вызов СП
→ на настройку
→ на преобразование 7610
РПА1: = РПКРА_{обр}
Формирование 7521 (РА_{обр})

7566	0	13	7610	7722	7610
7567	0	00	0000	0000	0000
7570	0	56	7521	7601	7567
7571	0	15	7614	7673	7603
7572	0	56	7674	7621	7554
7573	0	16	7550	7547	7670
7574	4	72	0000	7554	7521
7575	4	55	0000	7737	0000
7576	0	76	7521	7640	7567
7577	0	16	7631	7567	7601
7600	0	75	7601	7703	7601
7601	0	00	0000	0000	0000
7602	0	16	7571	7573	7601
7603	0	57	6500	0000	0000
7604	0	16	0000	7651	0000
7605	0	50	1034	7767	0000
7606	0	16	7671	7566	7601
7607	0	50	1034	7616	0000
7610	0	00	1111	7654	0000
7611	0	56	0001	7567	0002
7612	0	16	7675	7566	7601
7613	0	57	0104	0000	0000
7614	0	57	0404	0000	0000
7615	0	52	0000	7200	0000
7616	0	00	0000	0000	0000
7617	0	16	7643	7547	7670
7620	0	50	1130	0000	7610
7621	0	16	7537	7567	7601
7622	0	56	7554	7503	7541
7623	0	16	7524	7506	7510
7624	0	13	7601	7722	7615
7625	0	56	7554	7607	7676
7626	1	00	7700	0000	0000
7627	1	00	7610	0000	0001
7630	2	32	0000	0002	0000
7631	0	56	7632	7643	7640
7632	0	56	0000	7501	7640
7633	4	00	0000	0000	7615
7634	4	33	0001	7722	7610
7635	2	14	0114	0001	7521
7636	1	72	0000	7521	0000
7637	0	16	0000	7550	0000
7640	0	56	0000	7501	7640
7641	0	00	0000	0000	0000
7642	0	56	0000	7505	7515
7643	0	33	7625	7703	7604
7644	0	33	7601	7615	0000

Восстановление РА в БЗИ
→ к ячейке входа
Формирование запоминания
РПА1 из обращения в РПА1
Восстановление 7554
на преобразование 7610 БЗИ
Проверка занятости, ре-
курсивная СП «занята»
на рекурсивный поиск на
восстановление РА и к БФ
Выход из БЗИ
БЗА1
РПА1: = РПА (1 или 3)_{обр}
засылка аргумента
На продвижение 7610, вос-
становление РА или БЗР
Р. Я. (АЗ для БЗИ)
На восстановление РА
и к БЗА2
На продвижение 7610 и уход
 α_{PII}
 $N_{СП}$
к преобразованию 7610 (БФ)
const
на восстановление РА и соб-
ственно БЗА1
продвижение (БФ)
Выход БФ
БЗ
Выход БЗ
к БФ после БР
const
БВ
к БЗИ после БВ
БР
РА поиска в TX
 $\alpha_{СП}$
 $\omega_{СП} - \alpha_{СП}$
на выход, если $\omega_{СП} < \alpha_{СП}$

7645	0	36	7615	7625	7700	БФ $\alpha_{РП} - \alpha_{СП}$ на продвижение $\alpha_{РП}$ и выход на повторный вызов в на- чало РП	
7646	0	33	7615	7604	0000		
7647	0	76	0000	7624	0000		
7650	0	56	7504	7706	7541		
7651	0	50	0023	0703	7767	Вызов 2-й части ИС	
7652	0	70	7700	7651	0000		
7653	0	16	0000	7673	0000		
7654	0	55	7477	7707	0000		
7655	0	76	0000	7477	0000	Ячейки рекурсивной проце- дуры	
7656	0	13	7477	7722	7477		
7657	0	50	1034	7477	0000		
7660	0	00	0000	0000	0000		
7661	0	16	7574	7547	7670	Вход БР на transforma- цию 7610	
7662	0	00	0000	0000	0000	Преобразование 7610	
7663	0	57	0600	0111	0000		
7664	0	55	7610	7707	0000		
7665	0	36	7554	7670	7674		
7666	0	33	7607	7637	7607		
7667	0	13	7607	7610	7610		
7670	0	00	0000	0000	0000		Выход преобразования 7610
7671	0	15	7613	7673	7673		РПАЗ: = РПАЗ _{обр} Засылка результата Уход (восстановление)
7672	0	15	7607	7724	7674		
7673	0	57	0500	0101	0000		
7674	0	56	7521	7544	7501		
7675	0	50	1034	7610	0000	Строки обращения к СП-41	
7676	0	50	1130	7603	7616		
7677	0	16	0041	7502	7616		
7700	0	52	0000	0000	0000		
7701	7	77	7777	7777	0000	→ на преобразование 7610 → на чтение строки ПТХ	
7702	7	77	7777	0000	7777		
7703	0	00	0000	0002	0000		
7704	7	77	0000	7777	7777		
7705	0	16	7706	7547	7670	ИС-22 (II часть)	
7706	0	50	0130	7700	0000		
7707	0	04	0000	0000	0000		
7710	0	77	7777	7777	7777		
7711	1	00	0000	0000	0000		
7712	2	00	0000	0000	0000		
7713	3	00	0000	0000	0000		
7714	4	00	0000	0000	0000		
7715	0	16	0000	7705	7616		
7716	0	00	2000	0000	0000		
7717	7	00	0000	0000	0000		
7720	4	00	7777	7777	7777		
7721	0	00	0000	0000	0001		
7722	0	00	0000	0001	0000		
7723	0	00	0000	0001	0001		
7724	0	00	0001	0000	0000		
7725	0	00	0001	0000	0001		

7726	0	00	0001	0001	0000	
7727	0	00	0001	0001	0001	
7730	7	00	7777	7777	7777	
7731	0	00	0000	0000	7777	
7732	0	00	0000	7777	0000	
7733	0	00	0000	7777	7777	
7734	0	00	7777	0000	0000	
7735	0	00	7777	0000	7777	
7736	0	00	7777	7777	0000	
7737	0	00	7777	7777	7777	
7740	0	77	0000	0000	0000	
7741	1	77	0000	0000	7777	
7742	2	77	0000	7777	0000	
7743	3	77	0000	7777	7777	
7744	4	77	7777	0000	0000	
7745	5	77	7777	0000	7777	
7746	6	77	7777	7777	0000	
7747	7	77	7777	7777	7777	
7750	1	14	0000	0000	0000	
7751	1	30	0000	0000	0000	
7752	1	44	4000	0000	0000	
7753	1	45	0000	0000	0000	
7754	1	06	7122	7340	6462	180/π
7755	1	00	5427	1027	7575	π/2
7756	1	01	6220	7732	5042	π/2
7757	0	67	4061	1156	4571	0 001
7760	1	04	5000	0000	0000	10 /
7761	1	01	4000	0000	0000	1
7762	1	02	4000	0000	0000	2
7763	1	02	6000	0000	0000	3
7764	1	00	4000	0000	0000	1/2
7765	0	77	5252	5252	5253	1/3
7766	0	50	0130	7720	0000	
7767	0	00	1111	7554	0000	
	3	05	4142	7420	2263	К Σ

7700	0	57	6000	0000	0000	Чтение ПТХ
7701	4	72	0000	7616	7521	
7702	2	50	0411	7400	7544	
7703	0	70	7544	7705	0000	
7704	0	77	0000	0000	0000	
7705	0	55	7544	7626	7554	
7706	0	33	7544	7554	7544	
7707	0	14	0056	7554	7554	
7710	0	72	0000	7554	0000	Занесение РП МБ и МЛ n-1
7711	4	57	6000	0000	0000	
7712	0	14	0130	7544	7607	
7713	0	14	0064	7607	7603	
7714	0	13	7541	7603	7603	$\omega_{СП}$ на РП
7715	0	33	7603	7504	0000	$\omega_{СП} - \alpha_{ТХ}$
7716	0	76	7702	7761	7673	→ на стирание РП

Продолжение

7717	0	50	1130	7541	0000	→ на вызов СП
7720	0	57	6700	0111	0000	} Новая жизнь
7721	0	50	1130	7500	7610	
7722	0	33	7500	0701	7767	
7723	0	62	7601	7716	7625	← настройка
7724	2	13	0000	0000	7544	
7725	4	55	0000	7673	0000	
7726	6	52	0001	0001	7554	
7727	0	76	7544	7733	7604	
7730	0	13	7554	7544	7554	
7731	0	72	0000	7554	0000	
7732	0	56	7747	7744	7673	
7733	0	33	7604	7716	7674	
7734	0	36	7623	7740	7515	
7735	0	33	7674	7607	0000	
7736	0	76	0000	7740	0000	
7737	0	41	7544	7625	7544	
7740	0	14	0064	7625	7625	
7741	0	14	0114	7604	7604	
7742	0	76	0000	7733	0000	
7743	3	53	7544	7777	7777	
7744	0	33	7603	7554	0000	
7745	0	76	7541	7723	7674	
7746	0	50	1130	7622	0000	→ Выход к поиску в ТХ
7747	0	72	0000	7504	0000	← Стирание ТХ
7750	4	55	0000	7732	7625	
7751	0	33	7625	7515	0000	
7752	0	36	0000	7755	0000	
7753	5	55	0000	7734	0000	
7754	5	15	0000	7715	0000	
7755	1	12	7500	7750	0001	
7756	0	15	7615	7541	0000	
7757	0	76	7615	7712	7541	
7760	0	77	7615	7504	0000	
7761	0	72	7777	7504	7625	
7762	4	55	0000	7732	7604	
7763	0	33	7615	7604	7601	
7764	0	33	7601	7625	0000	
7765	1	51	7500	7762	0001	
7766	0	76	7601	7747	7625	
7767	0	56	7604	7762	7515	
	6	76	0322	7572	0634	КС