

ИНСТРУКЦИЯ К ПРОГРАММИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЕ ЛЯПАС

М.Я. Товштейн

1⁰. Некоторые сведения о ПС-ЛЯПАС

Программирующая система ПС-ЛЯПАС предназначена для отладки и реализации на вычислительной машине М-20 программ, написанных на ЛЯПАСе [1] первого или второго уровня. Описываемый вариант системы включает в себя необходимый для достижения этой цели минимум блоков: транслятор, компилятор, корректор, блок подготовки к отладке (подот) и блок выдачи отладочной информации (отинф). Предполагается, что в программе отсутствуют переменные повышенной размерности, что библиотека подпрограмм хранится на перфокартах и нужные для решения задачи подпрограммы выбирает сам программист, комплектуя их в определенном порядке, что место в оперативной памяти для размещения комплексов тоже распределяется программистом и делается это так, чтобы при решении задачи комплексы не "затирали" друг друга без надобности.

Этот вариант мы и будем иметь в виду, употребляя сокращение ПС-ЛЯПАС, или просто ПС. Описание системы с большей степенью автоматизации труда программиста дано в [2, 3].

Л-программа первого уровня, подаваемая на вход ПС, может содержать 5 x 585 кодов* (585 машинных слов, каждое из которых представляет 5 кодов ЛЯПАСа). Л-программа второго уровня, называемая головной программой, рассчитана на 5 x 240 кодов ЛЯПАСа, а оперативная библиотека Л-операторов, вводимая в память машины для одной задачи, - на 5 x 570 кодов. Машинная программа (МП), получаемая в результате трансляции, может быть по желанию программиста размещена на любом месте рабочего поля системы и достигать длины 2621 ячейки. Для представления комплексов выделен массив, наименьшая мощность которого - 4000 ячеек.

ПС-ЛЯПАС, будучи один раз введенной в машину, может одну за другой обрабатывать и реализовывать целую серию Л-программ. Предусмотрена также возможность решать задачу с меняющимся набором входных значений операндов без повторных построений машинной программы.

Познакомимся в основных чертах с работой ПС. Запуск и управление системой осуществляется специальным блоком, названным *д и р и ж е р о м*. Та часть программы дирижера, которая производит пуск системы, представлена машинными командами и вводится в оперативную память с читающего устройства (ЧУ) в первую очередь. По этой программе машина вводит (с контролем) транслятор, основную часть программы дирижера, написанную на ЛЯПАСе, и Л-программы компилятора, подота и корректора. После трансляции этих программ на машинный язык в память УЦВМ автоматически вводится Л-программа отинф. Теперь ПС-ЛЯПАС готова к работе. В таком виде она запоминается на магнитном барабане (состояние оперативной памяти на этом этапе показано на таблице I). Л-программа решаемой задачи (назовем её входной программой) вводится дирижером вместе с кодами, несущими информацию об исходных данных задачи, о режиме отладки, о необходимости использования того или иного блока ПС. Если предусмотрена коррекция, то Л-программа исправляется, выдается на печать и перфорацию и подвергается дальнейшей обработке. Если программе написана на втором уровне ЛЯПАСа, происходит ввод библиотеки подпрограмм соответствующих Л-операторов и включается компилятор.

* Здесь и в дальнейшем используется восьмеричная система счисления. В случае применения десятичной системы число снабжается индексом 10.

0001	Команды пуска ПС, восстановления её в МОЗУ.	
33		
74	Константы для ПС, МП, команды реализации операторов!, +, -, *.	
0100	Место для комплекса А начал комплексов.	
40	Начала специальных комплексов.	
67		
0200		дополнительного набора.
40	Место для переменных	основного набора.
0800		основного набора.
40	Место для индексов	дополнительного набора.
0400		
37	Л-программа отинф	
0500	Место для ИНКОР	
0600	Стандартные константы	
63	Константы, используемые при реализации МП.	
0700	Место для комплекса В мощностей комплексов.	
40		
60	Мощности специальных комплексов.	
1000		
	Т р а н с л я т о р	
3856		
3400		
	К о м п и л я т о р	
4674	Программа подготовки к отладке	
5246	к о р р е к т о р	
5566		
6400	Место для вводимой Л-программы	
7185		
7621	Блок обработки исходных данных	Д и р и ж е р
7760		
7777	Рабочие ячейки МП.	

Скомпилированная программа печатается и перфорируется, если это предусмотрено программистом. Перед трансляцией печатается порядковый номер, под которым Л-программа поступила в ПС, а после составления МП выдается на печать число, показывающее величину машинной программы. Номер л-программы печатается также после ввода и обработки её исходных данных. Затем начинается реализация транслированной программы.

После решения задачи считыванием с барабана восстанавливается в оперативной памяти (МОЗУ) ПС-ЛЯПАС и вводится следующая Л-программа. О числе задач, которые должны подвергнуться трансляции, программист извещает систему значением элемента k , оперативного комплекса K , или, иначе, содержимым ячейки 0001 оперативной памяти машины. Если обработаны все Л-программы, машина останавливается.

Рассмотрим теперь, как готовить программы для ПС-ЛЯПАС.

2°. Подготовка Л-программы

1. Л-программа воспринимается ПС-ЛЯПАС в закодированном с помощью таблицы 2 виде. Например, выражение $517 \rightarrow aobab \rightarrow K_a \wedge f_0$ ставится в соответствие последовательность кодов: 001 417 014 300 012 301 100 301 014 152 300 072 652. Содержимое ячейки машины может представлять пять кодов ЛЯПАСа. Поэтому целесообразно текст Л-программы записывать в следующем виде, удобном для перфорации:

001 4170 1430 0012 8 17 $\Rightarrow$ a o
301 1003 0101 4152 8 A 8 $\Rightarrow$ K
300 0726 5200 0000 a ^ f₀

Л-оператор второго уровня шифруется своим номером, перед которым ставится код 034. Так, коды 034 332 представляют Л-оператор с номером 332.

2. Входная Л-программа должна начинаться тремя кодами, отведенными под шапку [3], независимо от того, на каком уровне языка она написана. Если на первом уровне, то эти три кода - нулевые; если на втором, то первый код - нулевой, вид второго безразличен, а третий представляет наибольший номер предложения из числа использованных в программе.

Программирующая система воспринимает входную программу как комплекс A . Поэтому нужно сообщить ей мощность этого комплекса, подсчитав число ячеек, занимаемых закодированной

Коды символов языка ЛЯПАС.

Т а б л и ц а 2 .

	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27	30	31	32	33	34	35	36	37
Опера- торы	/	§	(	)	!	+	+	+	Δ	Δ	Δ	0	0	⇒	⇒	1	'	'	'	'	'	'	:	x	+	-	^	∇	+	//	⊙	⊙
Комп- лек- сы	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	⌈	⌋	⌌	⌍	⌎	⌏
Пере- мен- ные	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	⌊	⌉	⌊	⌋	⌌	⌍
Ин- дек- сы	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	⌊	⌉	⌊	⌋	⌌	⌍
Нату- раль- ные мон- стан- ты	0	1	2	3	4	5	6	7	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27	30	31	32	33	34	35	36	37
Станд. конс- танты	0	1	2	3	4	5	6	7	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310

программой, и присвоив соответствующее значение элементу $\delta \in B$

3⁰. Задание исходных значений операндов

I. Условимся вводить в машину и выводить из неё информацию так, чтобы значения операндов (особенно - индексов) имели удобный для чтения вид. С этой целью на входе и выходе машины будем использовать крайние правые 32_{10} разряда машинного слова

0000000000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX*)

При вводе исходных данных в Л-программе допустимо и другое представление значений операндов:

0000000000XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX0000

С точки зрения экономичной реализации на М-20 операций ЛЯПАСа это представление оказывается более выгодным, чем первое. Поэтому коды, задающие значения операндов условленным способом, преобразуются специальным блоком системы - блоком обработки исходных данных - к такому виду (назовем его "рабочим").

О том, значения каких операндов должны подвергнуться преобразованию (сдвигу на 4 позиции влево), программист извещает блок обработки исходных данных посредством элементов K_4, K_5 и K_6 . Если $\mathcal{G}$ - множество переменных, а $\mathcal{G}^*$ - множество вводимых переменных, которые должны подвергнуться сдвигу, то K_4 определяется следующим образом:

$$K_4 :: \{ \mathcal{G}^* \} \ni \mathcal{G} \mid \text{ж)}$$

Компоненты элементов K_5 и K_6 аналогично сопоставляются индексам и комплексам, соответственно. Задание множества с помощью подобного сопоставления мы называем стандартным приемом.

Пример. Пусть исходными операндами служат $a, c, b, s, f, \underline{a}, \underline{d}, \underline{e}, \underline{z}$, причем значения элементов комплекса $\underline{d}$ представлены уже в "рабочем" виде, т.е. не должны подвергаться сдвигу. Тогда K_4, K_5 и K_6 примут соответственно следу-

*) Здесь и дальше в случаях, подобных этому, крестики показывают значение разряды.

ж) Это расшифровывается (см. [1]) так: "Если i - элемент множества $\mathcal{G}$ принадлежит множеству $\mathcal{G}^*$, то i -я компонента элемента K_4 имеет единичное значение".

000 7463 0000 0000 KA
 000 0304 0000 0000
 000 0140 0000 0000
 000 0164 0000 0000
 000 0350 0000 0000

Комплекс A

000 0020 0000 0000
 000 0220 0000 0000
 000 0300 0000 0000
 000 0360 0000 0000
 000 0200 0000 0000

Комплекс C

000 0202 0000 0000
 000 0304 0000 0000
 000 0206 0000 0000
 000 0200 0000 0000
 000 0000 0000 0000
 000 0310 0000 0000
 000 0212 0000 0000
 000 0000 0000 0000
 000 0000 0000 0000

Комплекс G

4⁰. Отладочный режим работы ПС

1. О том, какие блоки системы должны работать, ПС узнает по значению элемента k_2 , 0-я компонента которого сопоставлена корректору, 2-я - блоку подготовки к отладке, 3-я - компилятору (1-я компонента k_2 соответствует отсутствующему в данном варианте ПС-ЛЯПАС блоку поиска синтаксических ошибок). Единичное значение компоненты означает включение соответствующего блока, нулевое - блокировку его. Кроме этого, единичное значение 22-й компоненты элемента k_2 служит признаком печати и перфорации скомпилированной Л-программы, а 24-й компоненты - печати первых 774 команд^{*} машинной программы.

Остановимся на роли 10-й компоненты k_2 . Когда она имеет нулевое значение, ПС после решения очередной задачи вводит Л-программу следующей. Если же нужно решить задачу с измененным набором входных значений операндов, 10-я компонента k_2 должна иметь единичное значение. Тогда после реализации МП ввод следующей Л-программы не произойдет, а введутся исходные данные к хранящейся в МОЗУ машинной программе и включится

^{*}) Это ограничение обусловлено спецификой машины М-20.

блок обработки исходных данных. Используя k_4 , k_5 и k_6 , он сдвинет введенные значения операндов на 4 разряда влево и передаст управление машинной программе.

Чтобы выключить этот режим работы ПС, следует вместе с последним набором начальных данных задачи ввести нулевой код k_2 .

Таким образом, полная нагрузка ПС задается следующим видом 45-разрядного кода значения k_2 : 000 0260 4002 4000.

2. При наличии режима отладки входная программа преобразуется так, чтобы по информации, выводимой во время решения задачи, можно было следить за изменениями значений переменных и индексов. В этом варианте ПС выдаются значения операндов, полученные в результате операций присвоения, т.е. печатаются значения только тех операндов, которые стоят после операторов Δ , $\bar{\Delta}$, O , $\bar{O}$, $\Rightarrow$, $\Leftarrow$, $\mathcal{X}$, $\mathcal{X}$. Выдача производится в виде, позволяющем узнать код операнда и номер предложения Л-программы, где этот операнд принимает текущее значение. Для отметки переменных используются числа $00 + 37$, для отметки индексов - $40 + 77$.

Например, если в § 12 переменная e , а в § 16 - индекс c приняли значения

$$e \sim \underline{1101000100000000000000101001100}$$

$$c \sim \underline{00000000000000000000000000001001}$$

то напечатаются следующие коды:

120432100001234
164200000000011

Здесь подчеркнуты: номер предложения, отметка операнда и его значение.

Заметим, что если Л-программа написана на 2-м уровне ЛЯПАСа, отладке подвергается лишь головная программа. Предполагается, что подпрограммы Л-операторов головной программы уже отлажены.

На печать выдаются значения только основного набора операндов, т.е. элементы специальных комплексов G и K , и только те, которые отмечены - стандартным приемом - элементами k_7 (переменные) и k_{10} (индексы).

3. В отладочном режиме реализуется один "отрезок" программы, который, в частности, может совпадать со всей Л-

программой. "Отрезок" задается номерами "левого" и "правого" предложений. Предложение программы принадлежит "отрезку", если его номер не меньше номера "левого" и не больше номера "правого" предложений.

В процессе реализации программы подсчитывается число вы-
дач каждого из отмеченных посредством k_7 и k_{10} операндов,
принадлежащих "отрезку". Значения операнда перестают печата-
ться, если количество их выдач достигло определенного пре-
дела. Предел этот (для переменных и индексов - отдельно) ус-
танавливает программист и задает с помощью k_H . Значение k_H ,
кроме того, несет информацию об "отрезке" Л-программы. Пояс-
ним на примере, как формируется код значения k_H .

П р и м е р . Пусть требуется выдавать операнды на "от-
резке" с § 7 по § 12, для переменных - 30 значений, для ин-
дексов - 25. Тогда код k_H имеет вид:

000 0070 1203 0025
"отрезок" пределы

4. Если предусмотрена работа ПС в режиме отладки, то орга-
низуется частичное слежение за выходами из подпрограмм Л-опе-
раторов. Наряду со значениями операндов печатаются номера Л-
операторов, у которых реализуется выход по о с н о в н о м у
полосу. Вместе с этим номером печатается номер предложения
головной программы, где расположен соответствующий Л-опера-
тор. Например, код отладочной информации 273400000000311 оз-
начает, что в § 27 реализовался выход по основному полюсу Л-
оператора № 311. Число 34 служит отличительным признаком но-
мера Л-оператора (напомним, что переменную с в программах
использовать нельзя).

Задавая режим отладки для программ 2-го уровня, следует
также отметить единичным значением 34-ю компоненту k_7 . Если
этого не сделать, номера Л-операторов печататься не будут.

5. Отладочная информация накапливается в виде комплекса
(кармана) и выдается на печать в любом из двух случаев: либо
мощность комплекса становится равной 40, либо в программе
реализовался оператор " . " . Карман перед заполнением
не "очищается", а элементы его принимают новые значения один
за другим во время решения задачи. Это надо иметь в виду во
втором случае, когда последняя часть кармана представляет его
предыдущее состояние. Такая ситуация отмечается печатанием
перед содержимым кармана номера отлаживаемой программы.

6. Некоторые ситуации заслуживают отдельных замечаний.

(а) Если в отлаживаемом предложении программы встречается
оператор $\leftarrow$, то значения следующих за ним операндов могут
отмечаться номером другого предложения, входящего в "отрезок".

Дело в том, что в Л-программе, подготовленной к отладке
программирующей системой, каждое предложение "отрезка" начи-
нается операцией присвоения значения номера этого предложения
одному определенному операнду. Поэтому после реализации опе-
ратора перехода номер предложения, зафиксированный этим опе-
рандом, затирается номером того предложения, к которому прои-
зошел переход, и, естественно, не восстанавливается при соот-
ветствующем оператору $\leftarrow$ возврате "внутрь" предложения.

Рассмотрим, для примера, следующую программу.

§ 1 $\overline{0}a \leftarrow 2 \Rightarrow \underline{d} \Rightarrow c \rightarrow 4$
§ 2 $\neg \vee f_6 \Rightarrow \underline{a}$,
§ 3 $\Rightarrow \underline{f}$!
§ 4 . . .

Если операнды выдаются на "отрезке" с § 1 по § 2, то на-
печатаются коды:

01403777777777 α
020300000000776 $\underline{d}$
024200000000776 $\underline{c}$

Для "отрезка" с § 1 по § 3 выдача будет такой:

01403777777777 α
030500000000776 $\underline{f}$
030300000000776 $\underline{d}$
034200000000776 $\underline{c}$

(б) Максимальный номер предложения, изображаемый в от-
ладочной информации, равен 77. Это может показаться неудоб-
ным, если программа содержит более 77 предложений. Так, § 1 и
§ 101 будут отмечены одинаково - 01. Практически же нетрудно
их отличить по полученной отладочной информации.

(в) Печать содержимого кармана осуществляется с помощью
оператора $\odot$ [5], который в ПС для М-20 имеет особенность. Он
печатает на один код больше, чем предусмотрено мощностью вы-
даваемого комплекса. Поэтому отладочная информация печатается
порциями по 41 коду с добавлением к ним кода контрольной сум-
мы (см. [4]). Следовательно, последние два кода из рассмот-
рения должны исключаться.

Такую же особенность имеет и оператор $\bullet\bullet$. Это замечание необходимо иметь в виду также и при разборе выданной на печать и перфорации скорректированной или скомпилированной Л-программы.

(г) Следующее замечание, вообще говоря, не относится к отладочному режиму. Оно касается выдачи комплексов посредством операторов $*$, $*$, $\bullet$, $\bullet\bullet$. Реализация этих операторов на М-20 требует, чтобы мощность выдаваемого комплекса не превышала 776^{*}). Кроме этого, надо знать, что если комплекс выдается с помощью $*$ или $*$, то перед его значением печатается или перфорируется код, позволяющий определить имя этого комплекса:

070TTTTTIXX0000

Здесь 070 - признак того, что в подчеркнутых разрядах изображается имя комплекса (например, II5 - комплекс N), а отмеченные буквой Т разряды не должны приниматься во внимание.

5°. Коррекция программы

При необходимости внести исправления в Л-программу можно воспользоваться корректором. Информацией к корректору (ИНКОР) служат:

- а) позиции границ неизменяемых частей Л-программы;
- б) коды символов, которые должны быть внесены в программу,
- и
- в) число этих кодов.

Условимся место расположения символа в программе -позицию-записывать в виде ℓm , где ℓ - номер предложения, а m - номер символа в этом предложении, причем символ § имеет позицию ℓ_0 , а номер предложения - ℓ_1 . Символ, которым начинается неизменяемая часть Л-программы, назовем левой границей, символ, которым эта часть кончается - правой границей.

Часть Л-программы, которую нужно переписать без поправок, задается позициями левой и правой границ. Первое число (ℓ) позиции представляется кодом $(400 + \ell)$ натуральной константы. Так же представляется и число вставляемых символов, которые кодируются обычным образом. Второе число (m) позиции представляется его трехразрядным восьмеричным кодом.

Необходимо отметить, что код 000 Л-программы воспринимает-

*) Это ограничение обусловлено спецификой М-20.

ся корректором наравне с другими. Это надо учитывать при установлении позиций границ неизменяемых частей Л-программы.

Перед позицией левой границы в ИНКОРе ставится символ $\otimes$ (код его - 037). Заканчивается ИНКОР символом $\odot$ (код его - 036). Вставляемые символы пишутся перед $\otimes$ либо перед $\odot$ в зависимости от контекста. Цепочку вставляемых символов следует начинать числом, показывающим количество их. Информация к корректору помещается в ячейках 0500-0600. Поэтому перед ИНКОРом ставится адресный код

000 0500 0000 0000.

Пример. Все символы программы, кроме символов предложений, обозначим малыми латинскими буквами. Тогда некоторая программа примет вид:

$\otimes_0 abc \otimes_1 defg \otimes_2 hij$

Пусть надо в ней удалить зачеркнутые символы и вставить символы, обозначенные прописными буквами:

$\otimes_0 ab \sqrt{ABC} c \otimes_1 \cancel{defg} \sqrt{DE} fg \otimes_2 hij$

Обозначим через $\langle \psi \rangle$ код символа ψ . Тогда ИНКОР в закодированном виде будет выглядеть следующим образом:

037 400 000 400 003	Переписать от $\otimes_0$ до $\otimes_3$.
403 $\langle A \rangle \langle B \rangle \langle C \rangle$ 037	Вставить A, B, C
400 004 401 001 402	Переписать от $\otimes_4$ до $\otimes_1$.
$\langle D \rangle \langle E \rangle$ 037 401 004	Вставить D, E . Переписать от $\otimes_4$
402 004 036 000 000	до $\otimes_4$. Конец ИНКОРа.

В результате работы корректора получится такая Л-программа:

$\otimes_0 ab ABC c \otimes_1 DEfg \otimes_2 hij$

Заметим, что корректируемая программа обязательно должна начинаться с символа $\otimes$.

6°. Расположение машинной программы

I. Транслятор составляет машинную программу, учитывая, на каком поле МОЗУ ей предстоит работать. Стандартно МП располагается и настраивается для работы на поле, начинающемся ячейкой 3400 (см. табл. I.). Если желательно, чтобы машинная программа реализовалась на другом месте, программист должен указать его начало значением дополнительного индекса γ_0 (код его - 376).

Перемещать МП целесообразно туда, где расположен транслятор, то есть на массив с ячейки I000.

Как уже упоминалось, программирующая система после формирования машинной программы печатает число, показывающее длину последней. Знание размеров МП помогает программисту экономнее распределить рабочее поле под комплексы и, если в программе используется оператор $\uparrow$, определить, где удобнее поместить выражения на машинном языке.

2. В ПС-ЛЯПАС предусмотрен переход к решению задачи сразу же после ввода для неё исходных данных. Если же перед выполнением только что полученной машинной (основной) программы требуется реализовать некоторую (дополнительную) программу, достаточно ввести вместе с исходными данными следующие коды:

000 775I 0000 0000 KA
056 0000 XXXX 0000,

где крестиками обозначен адрес входа дополнительной программы. Вместе с указанными кодами вводится и сама программа (разумеется, на такое место в МЗУ, которое не занято основной программой).

Чтобы после выполнения дополнительной программы машина перешла к реализации основной, первую следует заканчивать командами:

014 0110 0373 7776
056 0000 7752 0000

3. Стоит заметить, что описанная процедура оказывается удобной для перфорации машинной программы с целью использовать её без ПС. Роль дополнительной здесь играет программа перфорации МП. Вместе с МП необходимо выдать на перфорацию содержимое следующих ячеек:

0044 +0067, где хранятся программы реализации операторов $\leftarrow$, $\uparrow$ и некоторые константы;
0100 +0152, где представлены начала комплексов;
0600 +0677, где хранятся стандартные константы;
0700 +0752, где содержатся мощности комплексов.

Кроме этого, нужно вывести содержимое ячейки 0373, указывающее вход в программу, и содержимое ячеек, в которых расположена исходная информация (она уже будет иметь "рабочий" вид).

Обращение к машинной программе производится командами:
X + 0 014 0110 0373 7776

X + I	013	0044	7776	X + 3
2	016	X +4	X+3	0236
3	000	0000	0000	0000

После реализации МП совершится переход к ячейке X + 4, которая, в частности, может содержать команду останова.

При эксплуатации машинной программы отдельно от ПС надо помнить, что входные для МП значения операндов должны представляться в "рабочем" виде.

4. Если в Л-программе используется оператор $\uparrow$, то соответствующая ему программа на машинном языке вводится вместе с начальными значениями операндов Л-программы.

5. Некоторых пояснений, связанных с использованием М-20, требуют операции $\uparrow \dot{S}_1 \dot{S}_2 \dot{S}_3$ и $\uparrow \dot{S}_1 \dot{S}_2 \dot{S}_3$. Выражение $\uparrow \dot{S}_1 \dot{S}_2 \dot{S}_3$, где $\dot{S}_1, \dot{S}_2, \dot{S}_3$ - индексы или переменные, означает, что $[\dot{S}_2]$ рядом расположенных элементов оперативного комплекса, начинающихся с элемента номер $[\dot{S}_1]$, передают свои значения элементам внешнего комплекса, начинающихся с элемента номер $[\dot{S}_3]$. Операция $\uparrow \dot{S}_1 \dot{S}_2 \dot{S}_3$ пересылает информацию в обратном направлении: $[\dot{S}_2]$ элементов внешнего комплекса, начиная с элемента номер $[\dot{S}_3]$, передают свои значения соответствующей серии элементов оперативного комплекса, начинающейся с элемента номер $[\dot{S}_1]$.

Будем считать, что элементы оперативного комплекса, сопоставленного МЗУ, имеют восьмеричные номера от 0 до 7777. Внешнему комплексу соответствуют МЗУ - магнитные запоминающие устройства машины: магнитные барабаны (МБ № 1,2,3) и четыре магнитных ленты (МЛ № 0,1,2,3). Следующая таблица устанавливает соответствие между номерами элементов внешнего комплекса и МЗУ.

Номера элементов	М З У	Замечания
I 0000 + I 7777	МБ № I	Первая слева цифра указывает номер магнитного барабана.
2 0000 + 2 7777	МБ № 2	
3 0000 + 3 7777	МБ № 3	
IO 0000 +IO 7777	МЛ № 0	Первая слева цифра служит признаком магнитной ленты, вторая указывает номер ленты.
II 0000 +II 7777	МЛ № I	
I2 0000 +I2 7777	МЛ № 2	
I3 0000 +I3 7777	МЛ № 3	

При работе с МЗУ следует иметь в виду два обстоятельства: во-первых, на МБ № 2 хранится программирующая система, и на этот барабан заносить информацию не рекомендуется, во-вторых, нельзя с помощью операции $1\bar{5}, \bar{5}_2 \bar{5}_3$ записывать информацию на два барабана или две ленты одновременно (это замечание касается и операции $1\bar{5}, \bar{5}_2 \bar{5}_3$).

Сообщить операнду номер элемента оперативного или внешнего комплекса можно, по крайней мере, тремя способами:

- а) заготовить значение этого операнда заранее,
- б) использовать оператор $\leftarrow$ натурального присвоения,
- в) вычислить требуемый номер и присвоить его значение посредством оператора $\Rightarrow$.

Пр и м е р . Послать во внешний комплекс I210 элементов оперативного комплекса: $\bar{k}_{40} \div \bar{k}_{1247}$, расположив их, начиная с элемента 3 000I. Это можно сделать так:

$C_{32} \Rightarrow \bar{\alpha} \quad I21 < 3 \Rightarrow \bar{\delta} \bar{c} \leftarrow 000 \ 000 \ 030 \ 001 \ \bar{1} \ \bar{\alpha} \ \bar{b} \bar{c}.$

7°. Формирование комплекта перфокарт

Пользуясь настоящим вариантом ПС-ЛЯПАС, нужно с большим вниманием формировать комплект перфокарт, на которых пробита входная для программирующей системы информация. Порядок следования перфокарт в комплекте показан в таблице 3.

Как уже упоминалось, библиотека подпрограмм хранится на перфокартах. Программист выбирает нужные для решения задачи подпрограммы, если они имеются в библиотеке, и добавляет их к тем, что он заготовил сам. Эта так называемая оперативная библиотека вводится в память машины с 5160 ячейки, т.е. перед первой подпрограммой должен стоять адресный код 000 5160 0000 0000. Порядок следования подпрограмм в оперативной библиотеке должен соответствовать порядку обхода логического дерева, корень которого сопоставлен "головной" программе, а вершины — её подпрограммам. Например, для программы *A*, структура которой изображена на рис. I, подпрограммы ставятся в порядке *ACDEFGH*.

Подготавливая перфокарты, надо еще раз убедиться в правильности перфорации (особенно адресных кодов), чтобы исключить возможность затирания команд программирующей системы и машинной программы.

№ перфокарты (группы перф-т)	Коды, пробитые на перфокартах	Пояснения	Замечания
1	2	3	4
1.	000 0001 0000 0000 000 0000 0000 00XX KA	Число задач	Эта перфокарта вводится только с первой Л-программой.
2.	000 0002 0000 0000 000 0X00 X00X X000 KA	Режим работы ПС	Карта заменяется с переходом к другому режиму.
3.	000 0XXX XXXX XXXX 000 0XXX XXXX XXXX 000 0XXX XXXX XXXX 000 0XXX XXXX XXXX	Перечисление: фикс. компл. переменных индексов комплексов	исходные данные
4.	000 0XXX XXXX XXXX 000 0XXX XXXX XXXX 000 XXXX XXXX XXXX	Перечисление: переменных индексов Отрезок. Пределы выдач.	(к отладке) Если содержимым ячейки 0002 не задан отладочный режим, эту карту можно убрать.
5.	000 0700 0000 0000 000 0000 0000 0XXX KA 000 6400 0000 0000 000 000X X000 0000 KA	Количество ячеек, занятых закодированной Л-программой. Шапка Л-программы	Эта карта необходима только в случае, если предполагается реализация программы второго уровня при отсутствии режимов коррекции и отладки. Для шапки программы удобно отводить отдельную ячейку, несмотря на то, что два кода после кодов шапки останутся нулевыми. Третий код шапки указывает наибольший номер предложения из числа использованных в программе.
6.	XXX XXXX XXXX XXXX XX XXXX XXXX XXXX	Л-программа	
7.	000 0500 0000 0000 XXX XXXX XXXX XXXX XXX XXXX XXXX XXXX KA	ИНКОР	Если коррекция не предусмотрена, ИНКОР отсутствует.
8.	000 0000 0000 0000 KΣ	Признак конца ввода	Пустая карта ставится после карты с KΣ для предотвращения инерционного ввода следующей карты.
9.		Карта без пробивок (пустая карта)	
10.	000 5160 0000 0000 KA	Начало библиотеки подпрограмм	Библиотека, естественно, отсутствует, если входная программа написана на первом уровне ЛЯПАСа.
11.	000 0000 0000 0XXX	Глубина подпрограммы	Каждая подпрограмма начинается с отдельной перфокарты, на которой пробит код, указывающий глубину соответствующего Л-оператора. Далее следуют перфокарты с текстом подпрограммы. Порядок следования подпрограмм соответствует порядку обхода логического дерева, корень которого сопоставлен головной программе, а вершины - её подпрограммам.
12.	XXX XXXX XXXX XXXX XXX XXXX XXXX XXXX	Подпрограмма	
13.	000 0000 0000 0XXX	Глубина следующей подпрограммы	
14.	XXX XXXX XXXX XXXX XXX XXXX XXXX XXXX	Подпрограмма	
15.	000 0000 0000 0000 KΣ	Признак конца ввода	
16.		Пустая карта	
17.	000 0376 0000 0000 000 0000 0000 XXXX KA	Начало поля, где должна работать машинная программа	Если этой карты нет, МП располагается и настраивается на работу с ячейки 3400. Эти карты могут отсутствовать, если в Л-программе нет операций над комплексами.
18.	000 01XX 0000 0000 000 0000 0000 XXXX 000 0000 0000 XXXX KA	Начала комплексов	
19.	000 07XX 0000 0000 000 0000 0000 XXXX 000 0000 0000 XXXX KA	Мощности комплексов	
20.	000 0000 0000 0000 KΣ	Признак конца ввода	Наличие этих двух карт обязательно!
21.		Пустая карта	
22.	000 XXXX 0000 0000 XXX XXXX XXXX XXXX XXX XXXX XXXX XXXX KA	Программа, к которой происходит обращение с помощью ↑	Отсутствует, если в Л-программе нет оператора выхода в язык машины.
23.	000 024X 0000 0000 000 0XXX XXXX XXXX 000 0XXX XXXX XXXX KA	Начальные значения: переменных	Эти перфокарты могут отсутствовать, если для Л-программы не требуется задания переменных, индексов и комплексов.
	000 03XX 0000 0000 000 0XXX XXXX XXXX 000 0XXX XXXX XXXX KA	индексов	
24.	000 XXXX 0000 0000- 000 XXXX XXXX XXXX 000 XXXX XXXX XXXX KA	Группа перфокарт, на которых пробиты значения элементов комплексов	
25.	000 0000 0000 0000 KΣ	Признак конца ввода	Наличие этих двух карт обязательно!
26.		Пустая карта	
27.	000 0002 0000 0000 000 0X00 000X 0000 KA	Код, выключающий режим решения задачи с новыми начальными значениями операндов	
28.	000 XXXX XXXX XXXX 000 XXXX XXXX XXXX	Последняя порция исходных данных	
29.	000 0000 0000 0000 KΣ	Признак конца ввода	Эти перфокарты ставятся, когда "пробита" соответствующая единица ячейки 0002. Между картами 26 и 27 могут стоять еще несколько групп перфокарт, несущих входную информацию для программы.
30.		Пустая карта	

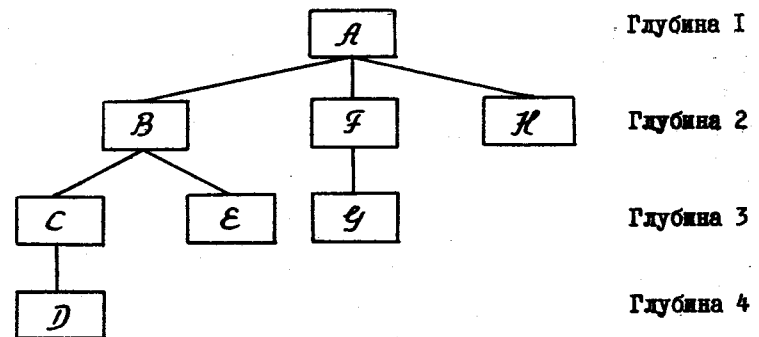


Рис. I

8°. Аварийные выводы

Во время функционирования ПС-ЛЯПАС могут возникнуть случаи, при которых дальнейшая её работа над данной программой нецелесообразна. Тогда ПС приступает к обработке следующей Л-программы, предварительно напечатав определенные коды, помогающие узнать, почему данная задача не допускается к решению. Критические ситуации создаются, в основном, из-за недостатка места в МОЗУ.

1. Под головную программу отводят 240 ячеек. Наличие режима отладки может привести к тому, что этого поля окажется мало. Тогда напечатается стандартная константа d_1 в виде:

000031463146314

Для приблизительного расчета, насколько "разбухнет" головная программа, полезно знать, что:

а) каждый операнд "отрезка", отмеченный в k_7 и k_{10} и стоящий после Δ , $\bar{\Delta}$, 0 , $\bar{0}$, $\Rightarrow$, $\Leftarrow$, $\mathcal{F}$, $\mathcal{F}$, увеличивает программу на 5 символов;

б) каждое предложение "отрезка" - на 4 символа;

в) каждый Л-оператор - на 11 символов.

2. Под Л-программу, предназначенную для трансляции, отводят 713 ячеек. Если предусмотрен отладочный режим, то каждое предложение увеличивает Л-программу на 2 символа независимо от принадлежности номера предложения к "отрезку". Кроме этого, к полученной Л-программе приписывается еще блок отииф, представленный в 40 ячейках. Как только заполняется указанный массив

в 713 ячеек, печатается код константы d_4 в виде:

000037777600000

3. Может получиться, что длина МП достигла 2624 ячеек. Тогда печатается код d_0

000525252525240

и - отдельно - 30_{10} кодов Л-программы. На первых пяти кодах из этой группы прекратилась работа транслятора.

Ориентировочно длину МП можно подсчитать заранее, если воспользоваться соотношением, установленным экспериментально: 5 кодов Л-программы соответствуют 4 машинным словам.

Если реализовался один из указанных аварийных выходов, рекомендуется либо уменьшить "отрезок", либо сократить множество операндов, значения которых выдаются при отладке, либо, наконец, пересмотреть Л-программу с тем, чтобы представить её, по крайней мере, как две программы, выдерживающие перечисленные выше ограничения.

4. При наличии отладочного режима ПС-ЛЯПАС может прекратить реализацию машинной программы по подозрению в "зацикливании". Организуется это таким образом.

Блок отинф подсчитывает число обращений к началам предложений Л-программы, подвергшейся трансляции, и, как только это число станет равным 2^{14} , он выполняет команды оператора " ." с предварительной выдачей на печать номера решаемой задачи и содержимого кармана. Было бы очень выгодно прекращать реализацию программы по истечении указанного времени, но, к сожалению, типовой вариант машины М-20 соответствующего счетчика не имеет, несмотря на сравнительную простоту его изготовления (см., например, [6]).

5. Предусмотрен еще один аварийный выход. Он реализуется при работе компилятора, если выполнится одно из следующих условий:

а) В шапке Л-оператора неверно указано число символов соответствующей ему подпрограммы.

б) Перепутан порядок следования подпрограммы в библиотеке (номер Л-оператора в головной программе не соответствует номеру подпрограммы, стоящей на определенном месте в библиотеке).

в) В компилируемой программе встречается номер предложения, больший допустимого. В данном варианте ПС таким но-

№ п/п	Вопросы оператора	О т в е т ы	П о я с н е н и я
1	2	3	4
1.	Есть ли правильная контрольная сумма ($K\Sigma$)?	Подлежащие вводу массивы снабжены правильными контрольными суммами.	
2.	Используются ли барабаны, лента?	Нужен МБ № 2.	Можно обойтись одним МОЗУ, надо только из колоды вынуть карту № 4 с надписью "Магнитный барабан". Тогда после ввода первых трех карт $K\Sigma$ не совпадает. Нужно нажать кнопку "Пуск ЦУС".
3.	Действия оператора с комплектом перфокарт?	1. Поставить комплект на ЧУ. 2. Нажать кнопку "Ввод". 3. Вызов кода 1000.	
4.	Как контролировать формирование машинного вида программирующей системы?	1. Автоматический ввод (КРА = 1). 2. Автоматический ввод (КРА = 2). 3. 2-й адрес вызванной яч. 1000 растет с 6250 до 6460. 4. Автоматический ввод (КРА = 5). 5. 2-й адрес яч. 1000 возрастает с 6250 до 7025. 6. Автоматический ввод (КРА = 16).	Вводится транслятор. Вводится Л-программа дирижера. Формируется МП дирижера. Вводятся Л-программы компилятора, подота, корректора. Формируется МП этих блоков ПС.
5.	Как следить за работой системы?	(Если после ввода какой-либо группы перфокарт машина остановится из-за несовпадения $K\Sigma$, повторить ввод этой группы) 1. Вызов кода 0012 2. Автоматический ввод (КРА = 26) 3. На РР загорается код 000 5252 5252 5240 Печатаются и перфорируются восьмеричные коды 4. На РР загорается код 000 6314 6314 6300 Автоматический ввод (Может вместо этого напечататься код 000031463146314 с последующими тремя автоводами и остановом в ячейке 0663). 5. На РР загорается код 000 7777 7777 7760 (Может напечататься код 00003777777777, затем последуют два автовода и останов в яч. 0663). 6. Печать, перфорация восьмеричных кодов. 7. Автовод. 8. На РР загорается код 000 0000 0377 7760 Печать одного восьмеричного кода (Может напечататься код 000525252525240 и еще 6 машинных слов. Затем следует автовод и останов в ячейке 0663). 9. Печать одного восьмеричного кода 10. Автоматический ввод. На РР загорается код 000 7777 7400 0000	Вводится Л-программа отинф. Вводится Л-программа решаемой задачи. Работает блок коррекции Выдача скорректированной программы (отсутствует, если коррекция не предусмотрена). Работает блок подготовки к отладке. Вводится библиотека подпрограмм. Произошло "разбухание" головной программы до недопустимых размеров. Вводятся последовательно: библиотека, комплексы А, В и исходные данные. Работает компилятор. Сигнал аварийного выхода из компилятора. Вводятся комплексы А, В и исходные данные. Выдача скомпилированной программы (отсутствует, если нет соответствующей единицы в содержимом ячейки 0002). Вводятся комплексы А и В (и значение дополнительного индекса 10). Работает транслятор. Выводится номер задачи. Сигнал того, что длина МП возросла до предельного значения. После ввода исходных данных машина останавливается. Печатается число команд в МП. (Если предусмотреть выдачу МП, то она произойдет после печати этого числа). Вводятся исходные данные для задачи. ПС приступает к реализации составленной машинной программы.
6.	Как следить за реализацией машинной программы в режиме отладки?	1. Третий адрес яч. 0014 возрастает, начиная с 0020. 2. Восьмеричная печать порций по 41 коду. (Могут печататься восьмеричные коды — одиночные и группой. Может быть также выдача на перфорацию). 3. Если содержимое ячейки 0014 примет вид 000000000200000, напечатается один восьмеричный код и — следом — группа из 41 восьмеричного кода. 4. Останов в ячейке 0663.	Происходит подсчет числа реализаций предложений. Выводится содержимое кармана. Происходит выдача значений операндов (комплексов и др.) Признак заикливания. Печатается номер задачи и содержимое кармана.

мером является I77 - при отсутствии режима отладки, и I7I, если таковой предусмотрен (к Л-программе присоединяется отинф, программа которого состоит из 6 предложений). Сигналом аварийного выхода из компилятора служит печать кода f_{10} :

00003777777777

6. Недостаточной емкостью МОЗУ объясняется также и то, что:

- а) максимальная глубина реализации оператора $\leftarrow$ равна 10;
- б) если взять в дереве, изображающем структуру программы, любой путь, то сумма чисел всех внешних операндов во всех Л-операторах на этом пути не должна превышать 100;
- в) общее число символов, конкретизирующих внешние операнды Л-операторов программы, должно быть не более 210.

За соблюдением этих условий должен следить сам программист, ибо настоящий вариант ПС этого не делает. Нарушение какого-либо из них срывает нормальную работу программирующей системы.

9°. Инструкция оператору для работы ПС на машине

Сформировав в указанном порядке входную для ПС информацию, подставляют получившуюся группу перфокарт к комплекту ПС-ЛНПАС. Таблица 4 показывает, как у пульта машины следить за работой системы. Предполагается, что ПС обрабатывает одну задачу в режиме, заданном таким значением кода k_2 :

000 0260 0002 0000,

т.е. предусматривается коррекция, компиляция с выдачей скомпилированной программы и реализация её в отладочном режиме.

Если программирующая система хранится на магнитном барабане, то при необходимости ввести её в МОЗУ (после останова в ячейке 0663) следует с пульта передать управление в ячейку 0022. Если содержимое ячейки 0001 говорит системе, что обработке подлежат несколько Л-программ, дирижер сам вызывает ПС в оперативную память и вводит группу перфокарт, которая соответствует следующей Л-программе. При совпадении значения счетчика реализованных программ с содержимым ячейки 0001 машина останавливается в ячейке 0663.

Не исключена возможность того, что из-за какой-либо ошибки в Л-программе соответствующая МП во время своей работы за-

третью часть программы дирижера, которая производит считывание ПС-ЛЯПАС с барабана в оперативную память. В этом случае надо ввести перфокарту:

050 0412 0020 7760
070 0020 0001 0000
056 0000 0024 0000
216 0432 0045 7760 $\kappa \Sigma$.

Машина, выполнив эти команды, восстановит в МОЗУ программируемую систему и введет перфокарты очередной Л-программы.

10°. Пример

Рассмотрим реализацию Л-программы диагонального симметрирования двоичной матрицы [7]. Диагональное симметрирование заключается в том, что для заданной квадратной двоичной матрицы $\|A\|$ находится матрица $\|B\|$, каждый элемент которой определяется следующим образом:

$$b_{ij} = a_{ij} \vee a_{ji}.$$

Сопоставим матрицам $\|A\|$ и $\|B\|$ комплексы $\underline{A}$ и $\underline{B}$, соответственно. Тогда Л-программа примет вид:

§ 0 трансмат $\underline{A} \underline{B} // 0\alpha$

§ 1 $\underline{a}_\alpha \vee \underline{b}_\alpha \Rightarrow \underline{b}_\alpha \Delta \alpha - \underline{b}_\alpha \circ \rightarrow 1 \underline{B} *.$

Л-оператор трансмат для заданной матрицы $\|A\|$, представляемой комплексом α , находит транспонированную матрицу $\|B\|$, представляемую комплексом β .

трансмат $\alpha \kappa + , \beta \kappa / \underline{a}, \underline{b}$
332 67 4 ($\alpha \alpha$)
 0α

§ 1 $0\beta \alpha \Delta \alpha - \underline{b}_\beta \circ \rightarrow 1 0\alpha$

§ 2 $\alpha \alpha \Rightarrow \underline{a}$

§ 3 $\underline{a} \neq 4 \underline{b} \underline{c}_\alpha \vee \underline{b} \underline{b} \Rightarrow \underline{b} \underline{b} \rightarrow 3$

§ 4 $\Delta \alpha - \underline{b}_\alpha \circ \rightarrow 2.$

Для того, чтобы в режиме отладки можно было проследить за формированием комплекса $\underline{B}$, с помощью корректора и ИНКОРА, имеющего вид:

$$\otimes 0_0 0_6 2 \underline{B} * \otimes 0_7 1_{11} 2 \Rightarrow \underline{a} \otimes 1_{12} 1_{24} \circ,$$

преобразуем программу в следующую:

§ 0 трансмат $\underline{A} \underline{B} // \underline{B} * 0\alpha$

§ 1 $\underline{a}_\alpha \vee \underline{b}_\alpha \Rightarrow \underline{b}_\alpha \Rightarrow \underline{a} \Delta \alpha - \underline{b}_\alpha \circ \rightarrow 1 \underline{B} *.$

Пусть матрица

$$\|A\| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Соответствующий этой матрице комплекс $\underline{A}$ расположим в ячейках 7473 + 7477, а комплекс $\underline{B}$ в ячейках 7500 + 7504.

Комплект перфокарт для данной программы выглядит следующим образом:

1.	000 0001 0000 0000 000 0000 0000 0001	КА	Число задач - 1
2.	000 0002 0000 0000 000 0260 0000 0000	КА	Задание режимов коррекции, отладки, компиляции.
3.	000 0300 0000 0000 000 0000 0000 0000 000 0000 0000 0000 000 0200 0000 0000		Указание того, что $\underline{A}$ и $\underline{B}$ - фикс. компл. Среди исходных данных для Л-программы присутствует только комплекс $\underline{A}$.
4.	000 0200 0000 0000 000 0200 0000 0000 000 0000 0100 5003		При отладке выдавать значения переменной $\underline{a}$ (5 раз) и индекса α (3 раза) на "отрезке" с § 0 до § 1.
5.	000 6400 0000 0000 000 0000 0100 0000	КА	Количество ячеек, занятых закодированной программой. указывать не обязательно, так как имеет место режимы коррекции и отладки. В шапке отмечен максимальный номер предложения в программе.
6.	001 4000 3433 2100 101 0350 1230 0001 401 1003 0007 3101 300 0141 0130 0010 300 0711 4140 0046 401 1010 5600 6000		$\underline{B} // 0 \alpha \underline{B}$ $1 \underline{A} \alpha \vee \underline{B}$ $\alpha \Rightarrow \underline{B} \alpha \Delta$ $\alpha - \underline{B} \circ \circ \rightarrow$ $1 \underline{B} * .$

7.	000 0500 0000 0000 037 4000 0040 0006 402 1010 5603 7400 007 4010 1140 2014 240 0374 0101 2401 024 0360 0000 0000	КА	ИНКОР. Переписать от 0 ₀ до 0 ₆ . Вставить <u>B</u> *. Переписать от 0 ₇ до 1 _н . Вставить $\Rightarrow \alpha$. Переписать от 1 ₁₂ до 1 ₂₄ . Конец ИНКОРА.
8. 9.	000 0000 0000 0000	К Σ	Признак конца ввода и пустая карта.
10. 11.	000 5160 0000 0000 000 0000 0000 0002	КА	Л-оператор трансмат (№ 332) находится на глубине 2.
12.	332 0670 0400 2160 240 0030 1230 0001 401 0121 6130 0010 300 0711 4116 1046 401 0123 0000 1402 160 3000 1424 0001 403 2400 4240 4301 142 3000 7316 1301 014 1613 0104 4403 001 4040 1030 0071 141 1600 4640 2006		$\begin{array}{ccccccc} \underline{332} & -67 & 4 & (& \alpha & & \\ \underline{a} &) & 0 & \alpha & \underline{3} & & \\ \underline{1} & 0 & \beta & \alpha & \Delta & & \\ \alpha & - & \beta & \beta & \alpha \rightarrow & & \\ 1 & 0 & \alpha & \underline{3} & 2 & & \\ \alpha & \alpha & \Rightarrow & \underline{a} & \underline{3} & & \\ 3 & \underline{a} & \mathbb{E} & 4 & \delta & & \\ C & \alpha & \vee & \beta & \delta & & \\ \Rightarrow & \beta & \delta & \rightarrow & 3 & & \\ \underline{3} & 4 & \Delta & \alpha & - & & \\ \beta & \alpha & \alpha \rightarrow & 2 & . & & \end{array}$
13. 14.	000 0000 0000 0000	К Σ	Признак конца ввода и пустая карта.
15.	000 0100 0000 0000 000 0000 0000 7473 000 0000 0000 7500 000 0700 0000 0000 000 0000 0000 0005 000 0000 0000 0005	КА КА	Задание места расположения в МОЗУ комплексов <u>A</u> и <u>B</u> их мощностей.
16. 17.	000 0000 0000 0000	К Σ	Признак конца ввода и пустая карта.
18.	000 7476 0000 0000 000 0120 0000 0000 000 0150 0000 0000 000 0200 0000 0000 000 0230 0000 0000 000 0100 0000 0000	КА К Σ	Комплекс <u>A</u>
19. 20.	000 0000 0000 0000	К Σ	Признак конца ввода и пустая карта.

Колода перфокарт ПС-ЛЯПАС вместе с приложенными к ней двадцатью перфокартами с Л-программой и сопроводительной информацией ставится на читающее устройство машины и нажимается кнопка "Ввод". Во время работы ПС будет происходить выдача следующих кодов:

000000001001400
034332100101035
101056012300001
401100300073101
300014101300014
240010300071141
400046401101056
006000000000000
000000000000000
705603416167772

К Σ

000000000000001
000000000000001

К Σ

0000000000000337
0000000000000337

К Σ

000000000000001
000000000000001

К Σ

070350501010000
070350501010000

К Σ

000006000000000
000031000000000
000010000000000
000022000000000
000012000000000
000103000000000

К Σ

070355301010000
070355301010000

К Σ

000016000000000
000035000000000
000030000000000
000023000000000
000012000000000
000140000000000

К Σ

Скорректированная Л-программа (выдается на печать и перфорацию).

Номер задачи - первый.

Длина машинной программы-337 ячеек.

Номер задачи.

Признак того, что далее следует выдача значения комплекса B.

Комплекс B, полученный в результате работы оператора трансмат:

$$|B| = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Результативное значение комплекса B, т.е.

$$|B| = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Далее следует содержимое кармана, напечатанное после реализации в программе оператора окончания алгоритма.

0000000000000001
0000000000000001

к Σ]

Номер задачи

003400000000332 \$ 0 $\#$ 332
004000000000000 \$ 0 $[a]=0$
010016000000000 \$ 1 $a \sim b_0^*$
014000000000001 \$ 1 $[a]=1$
010035000000000 \$ 1 $a \sim b_1$
014000000000002 \$ 1 $[a]=2$
010030000000000 \$ 1 $a \sim b_2$
010023000000000 \$ 1 $a \sim b_3$
010012000000000 \$ 1 $a \sim b_4$

Отладочная информация, накопленная во время реализации Л-программы.

Эта часть содержимого кармана представляет его состояние перед запоминанием. Она исключается из рассмотрения.

070777600007777
000037500000100
015010000376777
036000075650000
000037600007777
016756500560063
016000074730000
055000206247777
036000075170000
033037706607777
036000075730000
000065700000700
000070000007777
016757500560063
016000075760000
016000076170000
014011001007776
472000077767774
014007407007776
013067577767602
000000000000000
470000000000000
072000077740000
033006706270067
140143423761362

к Σ

*) Переменная a приняла значение $b_0 \in B$.

После выдачи на печать этих кодов машина останавливается в ячейке 0663.

II°. Цены некоторых выражений I-го уровня ЛЯПАСа

При составлении Л-программы зачастую возникает необходимость сравнить несколько эквивалентных с точки зрения результата выражений, чтобы выбрать из них то, которое отвечает поставленным условиям: либо минимальному времени реализации, либо минимальному числу машинных команд, либо тому и другому вместе. При этом нельзя обойтись без пространственно-временных оценок выражений ЛЯПАСа. Такие оценки, очевидно, зависят от способа представления выражения в машинном языке. Поэтому дадим некоторое понятие о машинном представлении операторов первого уровня и операндов.

I. Машинная программа конструируется транслятором из так называемых заготовок. Заготовка - составленная заранее группа команд с неопределенными адресами, которые конкретизируются при анализе операндов оператора, сопоставленного этой заготовке.

Если операндом служит константа, индекс, переменная или элемент фиксированного комплекса, отмеченный константой, то номер ячейки, в которой будет запоминаться значение операнда, можно определить до реализации МП и поставить его на соответствующее место в заготовку.

Пример. Пусть имеется выражение $a_{17} + a \Rightarrow a_{17} \Rightarrow a$. Известно, что значения индекса a представляются содержимым ячейки 0303 и что начало комплекса A фиксировано значением $k_{100} \equiv a_0 \in A$. Если, скажем, $[a_0] = 6000$, то элементу a_{17} сопоставляется ячейка 6017. С помощью заготовок, имеющих для трехадресной машины М-20 вид:

+			
$\Rightarrow$			

транслятор формирует команды:

+	6017	0303	6017
$\Rightarrow$	6017		0303

где + и $\Rightarrow$ обозначают коды соответствующих операций.

2. Если операндами у оператора служат элементы плавающего комплекса или элементы фиксированного комплекса, выбираемые с помощью индекса, то соответствующие таким операндам ячейки находятся в процессе реализации машинной программы. Назовем эти операнды плавающими, чтобы отличать их от указанных в п.1 операндов.

Выражения, состоящие из операторов с плавающими операндами, транслятор обрабатывает так. Каждому плавающему операнду такого выражения он ставит в соответствие некоторую стандартную ячейку вместе с командами, осуществляющими пересылку в нее значения операнда. Вслед за этими командами транслятор пристраивает заготовку, оформляя её в виде подпрограммы, воспринимающей содержимое упомянутой ячейки (или двух ячеек, если оператор распространяет свое действие на два плавающих операнда). Если результат операции присваивается плавающему операнду, то делается это тоже посредством стандартной ячейки. Команды пересылки результата в ячейку, сопоставленную плавающему операнду, следуют сразу же за подпрограммой.

В записи на ЛЯПАСе это можно проиллюстрировать так. Пусть требуется реализовать выражение $\alpha_i + \beta_j \Rightarrow c$, где α , β - фиксированные (или плавающие) комплексы, c - плавающий комплекс. В машинной программе этому выражению будут соответствовать команды, по которым выполняются следующие действия:

- | | |
|--|---|
| 1) $\alpha_0 + i \Rightarrow \varphi$
$k_\varphi \Rightarrow \varphi$ | Находятся ячейки, хранящие значения операндов α_i и β_j (α_0 , $\alpha_i \in A$). Содержимое этих ячеек пересылается в стандартные ячейки, представленные элементами φ и ψ оперативного комплекса. |
| 2) $\alpha_i + j \Rightarrow \psi$
$k_\psi \Rightarrow \psi$ | |
| 3) $\varphi + \psi \Rightarrow \varphi$ | Подпрограмма, выполняющая сложение. Здесь φ - стандартная ячейка для результата. |
| 4) $\alpha_2 + 1 \Rightarrow \varphi$
$\varphi \Rightarrow k_\psi$ | Находится номер ячейки, соответствующей элементу c , и происходит пересылка результата в эту ячейку. |

Четыре машинных команды (по 24 миксек каждая) тратятся на нахождение номера ячейки, соответствующей плавающему операнду, и пересылку в неё результата операции (или пересылку её содержимого в стандартную ячейку).

3. Среди индексов транслятор выделяет индекс α , которому сопоставляет так называемый регистр адреса (РА) машины М-20. Благодаря такому сопоставлению индекс α по сравнению с другими индексами приобретает преимущества, когда с его помощью выбирается из комплекса конкретный элемент. Если комплекс плавающий, то для нахождения ячейки, соответствующей элементу этого комплекса, требуется затратить на одну команду меньше, чем в случае, описанном выше. Если же комплекс фиксированный, то нахождение такой ячейки вовсе не требует дополнительных затрат: команды заготовки отмечаются специальным "признаком модификации", указывающим на необходимость переадресации команд посредством РА.

При реализации команд присвоения индексу α нового значения меняется содержимое РА. Занесение значения индекса α в регистр адреса выполняется двумя командами. Это надо учитывать при подсчете числа команд, реализующих операцию, которая заканчивается присвоением значения индексу α . Например, выражению $\Delta \alpha$ соответствуют три команды: первая увеличивает на единицу содержимое ячейки 0300, представляющее значение индекса α , остальные две переносят это содержимое в РА.

4. Машинная программа представляет собой последовательность заготовок, настроенных определенным образом и составленных в том порядке, в каком соответствующие операторы встречаются в Л-программе. Для операторов, машинная реализация которых относительно громоздка, заготовки оформляются в виде подпрограмм, выносимых в начало МП, а в основной программе синтезируются команды обращения к ним.

К командам обращения относятся, во-первых, команды пересылки значений операндов в ячейки, хранящие входную информацию для подпрограммы, и, во-вторых, команды перехода к подпрограмме (эта же команда обеспечивает возврат к определенному месту основной программы после выполнения подпрограммы). Входную информацию для подпрограммы несут те же ячейки, которые предназначены для сопоставления плавающим операндам. Результат работы подпрограммы засылается в определенную стандартную ячейку (в п. 2 она обозначена через φ).

Пространственно-временные оценки операторов. Таблица 5.

№ п/п	Операции	Число команд	Число операций ма -	Пояснения	
		(в 8-ричной системе)			
I	2	3	4	5	
1.	$(\pi_{10}^1 \pi_{10}^2 \dots \pi_{10}^k) \Rightarrow \pi_7$ $\pi_7 \Rightarrow (\pi_8^1 \pi_8^2 \dots \pi_8^k)$	$k + 6$	$k + 6$	Значения этих и следующих π_i см. в [I]	
2.	$\pi_7 \Rightarrow (\alpha \pi_8^1 \dots \pi_8^k)$	$k + 7$	$k + 7$	Индекс α может стоять и на другом месте в скобках.	
3.	$! , \uparrow$	2	2		
4.	$\Delta \mu, \bar{\Delta} \mu, o \mu, \bar{o} \mu$ $\pi_{10} \Rightarrow \mu, \mu \leftarrow \dots$	I 3	I 3	$\mu \neq \alpha$ $\mu = \alpha$	
5.	$\nearrow$	$5 + 13$	$5 + 13$		
6.	$\swarrow$	II	II		
7.	$\rightarrow , o \rightarrow , \vdash$	I	I		
8.	$\pi_{11} \mathbb{E} \pi_3 \pi_2$	2	2	$[\pi_{11}] = 0$	m -номер первой слева единичной компоненты кода π_{11} .
		14	$16 + 2 (m-1)$	$\pi_{11} = \alpha$	
		12	$14 + 2 (m-1)$	$\pi_{11} \neq \alpha$	
9.	$\pi_{11} \mathbb{E} \pi_3 \pi_2$	$5 + 37$	-		
10.	$\leftrightarrow$	$2 + 6$	$2 + 6$		
11.	$\vdash , \times , \uparrow$	4	4		
12.	$\circ , \vdash , \bar{x}$	3	3		
13.	$\rightleftharpoons \mu , < \mu$	I	I	$\mu \in \{0, 1, \dots, 177\}$	$\mu \notin \{0, 1, \dots, 177\}$
		3	3		
14.	$> \mu$	2	2	$\mu \in \{0, 1, \dots, 177\}$	$\mu \notin \{0, 1, \dots, 177\}$
		4	4		
15.	$\leftarrow \mu$	4	4	$\mu \in \{0, 1, \dots, 177\}$	$\mu \notin \{0, 1, \dots, 177\}$
		$2 + II$	$2 + II$		
16.	$+, -, \wedge, \vee, \neg, \oplus$	I	I		
17.	$\pi_5 \bullet$	7	7		
18.	$\pi_5 \bullet \bullet$	10	10		
19.	$\pi_{10} *, \pi_{10} *$	3	3		
20.	$\pi_5 *, \pi_5 *$	15	$12 + 4 m$	$m \neq 0$ - мощность комплекса π_5 (фиксированного).	

II4

Продолжение таблицы 5.

I	2	3	4	5
21.	$\pi_7 *, \pi_7 *$	$6 + 23$	$6 + (23 + 6m)$	$m \neq 0$ - мощность комплекса π_7 (плавающего).
22.	∇	$2 + 10$	$2 + (10 + 4n)$	n - число единичных раз- рядов кода
23.	$\bar{I}$	$2 + II$	$2 + (245 + n)$	
24.	$\nless \pi$	$3 + 17$	$3 + 3$ $3 + 17$	$[\pi] > 4$ $[\pi] = 0, 1, 2, 3, 4$
25.	$:$	$3 + 13$	$3 + 13$	
26.	$\underline{q}$	$I + 10$	$I + 10$	

В ПС-ЛЯПАС для машины М-20 в виде подпрограммы представляются команды, реализующие операторы $\nabla, \bar{I}, \nless, :, \nearrow, \mathbb{E}, \leftrightarrow$, а также $*$, $*$, если их левый операнд - плавающий комплекс, и $\leftarrow$, если правый операнд у этого оператора - не натуральная константа. Подпрограмма, соответствующая оператору $\leftrightarrow$, расположена отдельно от машинной программы и не учитывается при подсчете числа ячеек, занимаемых МП.

В подпрограмму выделены также команды нахождения случайного значения переменной $\underline{q}$. Этот операнд воспринимается транслятором двояко: как оператор, которому ставится в соответствие подпрограмма с командой перехода к ней, и как обычная переменная, на которую настраиваются команды, реализующие выражение, содержащее $\underline{q}$. Например, комбинации $\underline{q} \Rightarrow \psi$ будут сопоставлены команды, выполняющие $\leftrightarrow \{ \underline{q} \} \underline{q} \Rightarrow \psi$, где через $\leftrightarrow \{ \underline{q} \}$ обозначена команда перехода к соответствующей подпрограмме. Следует отметить, что в случае типа $\underline{q} + \underline{q}$ между командами перехода к подпрограмме ставится команда пересылки значения $\underline{q}$ в некоторую вспомогательную ячейку, т.е. транслятор формирует команды, которые осуществляют следующее:

$$\leftrightarrow \{ \underline{q} \} \underline{q} \Rightarrow \psi \leftrightarrow \{ \underline{q} \} \psi + \underline{q}, \text{ где } \psi \in \mathcal{K}.$$

5. В приведенной таблице 5 цены операций составлены в предположении, что операндами у операторов служат переменные, индексы, константы или элементы фиксированных комплексов, отмеченные либо индексом α , либо натуральной константой.

Цену оператора, реализуемого подпрограммой, будем представлять в виде суммы двух чисел, из которых первое относится к командам обращения, а второе - к подпрограмме.

Приведем пример. Пусть необходимо "очистить" первые 7 элементов фиксированного комплекса $\mathcal{H}$. Это можно сделать двумя способами:

Способ	Программа	Цена
Первый	0α $\xi 10h_a\Delta\alpha\oplus 7\mapsto 1.$	$3 +$ $+ I+3+I+I+3=12$
Второй	$0h_0\Rightarrow h_1\Rightarrow h_2\Rightarrow h_3\Rightarrow h_4$ $\Rightarrow h_5\Rightarrow h_6.$	$I+I+I+I+I +$ $+I+I+3=10$

Сравнение оценок этих способов говорит в пользу второго.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.Д. Закревский. Автоматизация синтеза дискретных автоматов на основе алгоритмического языка ЛЯПАС.-Вычислительные системы, Новосибирск, 1965, вып. 18, стр. 5-33.
2. Логический язык для представления алгоритмов синтеза релейных устройств. М., "Наука", 1966.
3. Научный отчет проблемной лаборатории счетно-решающих устройств ТГУ по теме "Разработка методов автоматического синтеза дискретных автоматов". Томск, 1964, т. т. 1, 2.
4. В.Ф. Ляшенко. Программирование для УЦВМ М-20. М., "Советское радио", 1963.
5. А.Д. Закревский. Дополнительные операции первого уровня ЛЯПАСа.- Данный сборник, стр.85-86.
6. С.П. Суржиков, Э.К. Иванова, В.И. Лобанов, Д.П. Молкин. Автооператор для ЭВМ. Отчет. Редакционно-издательский отдел СО АН СССР, Новосибирск, 1964.
7. В.В. Поттосин. Алгоритмы минимизации числа состояний дискретного автомата. — Логический язык для представления алгоритмов синтеза релейных устройств, М., "Наука", 1966, стр. 301-325.

Сибирский физико-технический ин-т

Поступила в редакцию
20. II. 1966 г.