

УДК 518.5:621.96

СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ (БИС)

Г.Н.Кулин

Процесс проектирования БИС оканчивается этапом технического проектирования и изготовлением опытных образцов. Согласно принятой методике и технологии БИС для изготовления опытных образцов (а также серийного производства) необходимо иметь фотошаблоны. Для изготовления фотошаблонов наряду с фотонаборными установками применяются и автоматические координатографы, на которых вырезают первичные оригиналы фотошаблонов. К последним относится управляемая от перфоленки система КАРТИМАТ [1].

Получение управляющей перфоленки можно осуществлять как на специализированном вычислительном устройстве системы КАРТИМАТ, так и из других устройствах подготовки данных на перфоленке (например УПДЛ для "Минск-32", СТА-2М). Но для реальной БИС невозможно вручную перфоцировать огромное число символов, требуемое для управления установкой КАРТИМАТ. Это выдвинуло настоятельное требование привлечения ЭВМ для решения этой задачи.

Возникла задача создания математического обеспечения системы КАРТИМАТ, ориентированного на ЭВМ. Из всех возможностей системы КАРТИМАТ для задачи изготовления фотошаблонов были выбраны следующие:

- вычерчивание и вырезывание прямых, параллельных осей координат;
- прямолинейное соединение точек в режиме вычерчивания и вырезывания;
- вычерчивание и вырезывание дуг окружностей;

- соединение точек кривой линией третьего порядка в режиме вычерчивания.

Остальные функциональные возможности системы КАРТИМАТ не имеют существенного применения в изготовлении фотошаблонов (например, вычерчивание символов, цифр и т.д.).

Подготовка информации для установок, изготавливающих фотошаблоны, относится к классу инженерно-технических задач. При решении на ЭВМ таких задач первостепенное значение приобретают средства коммуникации человека с машиной, из которых следует выделить основные:

- входной язык описания исходной информации;
- транслятор с входного языка в машинное представление;
- диагностика ошибок;
- организация банка данных и результатов;
- режим диалога и языка управления системой.

Эффективным средством для решения этих задач являются языки описания с проблемной ориентацией. Применение в таких языках выработанных в данной области и применяемых специалистами в их работе по разработке схем навыков и выразительных средств, повышенная декларативность языка управления, диагностики ошибок и описаний существенно повышают оперативность при работе с системой и уменьшают число ошибок при записи.

Вопреки кажущейся узости сферы применения проблемноориентированных языков их средств достаточно для решения многих задач данной области. К проблемноориентированным языкам можно причислить и язык описания топологии.

Система ПОИСК (рис.1) является специализированной системой для автоматизации подготовки управляющей информации и призвана моделировать определенный класс логико-информационных процессов этапа технического проектирования фотошаблонов.

§ 1. Входной язык

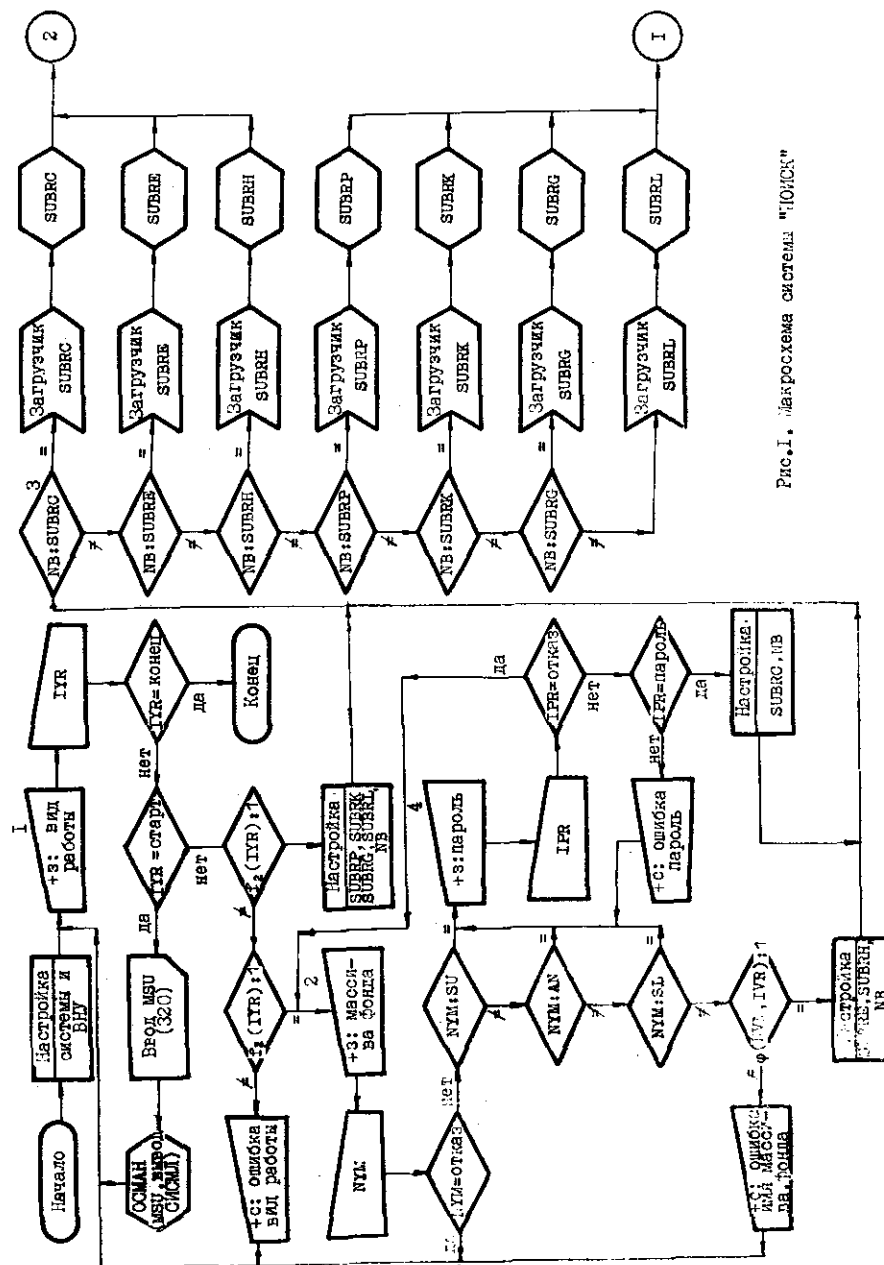
При разработке языка учитывались требования легкости в изучении и доступности для персонала средней квалификации и необходимость включения всех возможностей для описания гибким и кратким способом чертежей сложных масок БИС. Из известных языков аналогичной ориентации в большей или меньшей мере соответствует этим требованиям язык CADEP [2], являющийся расширением

ФОРТРАНа путем введения графически-ориентированных операторов, совместимых с ФОРТРАНам. Однако инженерам-непрограммистам работа с таким языком представляется затруднительной в силу его ориентированности на ФОРТРАНе. К тому же для того, чтобы на чертеже маски (шаблона) выделить все предложенные авторами простейшие геометрические фигуры, должна быть проделана большая чертежная работа, что может повлечь появление новых ошибок.

Предлагаемый язык не ориентируется ни на один из известных алгоритмических языков или автокодов. Поэтому транслятор с него может быть сделан на любом из них. Наличие нескольких уровней фрагментов и операторов позволяет описывать сложные маски БИС. Язык САДЕР ориентирован в большей степени на фотонаборную установку для изготовления масок, в то время как в предлагаемом языке таких ограничений не содержится.

Язык является последником между человеком и системой программ ЭВМ, ориентированной на подготовку информации для маскопроизводящей установки. Он позволяет использовать графические входо-выходные возможности вычислительной машины с целью помочь человеку в утомительной, дорогостоящей, требующей много времени работе по решению задач размещения, графического моделирования работы маскопроизводящих машин, редактирования и корректирования описаний масок и фрагментов и т.д.

1.1. Основные требования к языку и его описание. Рассматривая маску как плоскую фигуру, заключим её в прямоугольник минимальных размеров. Нижний левый угол его назовем репером. Область (любой связности), содержащую по крайней мере один отрезок линии, принадлежащей маске (фотошаблону), назовем частью маски (или фотошаблона), а односвязную часть назовем фрагментом. Многократно повторяемые на масках одной или нескольких БИС фрагменты назовем элементами КМ или фрагментами I-го уровня. Фрагментами 0-го уровня, или модами, назовем максимальные неделимые компоненты топологии маски (например, окружности, их дуги, прямоугольники, многоугольники и т.д.); частям масок соответствуют фрагменты 2-го уровня, сама маска есть фрагмент 3-го уровня (F3N).



Для описания фрагментов вводятся операторы и в соответствии с этим предлагаемый язык является набором операторов (δPR) разных уровней и назначения с их формальными параметрами, аргументами, синтаксисом и грамматическими правилами записи. Описание фрагмента состоит из слова, указывающего его тип, уникального имени и записей операторов, разделенных символом (;). Запись оператора состоит из спецификатора оператора, его имени, фактических параметров и аргумента оператора. Аргументом оператора может быть либо имя фрагмента, либо совокупность записей операторов, либо идентификатор фрагмента, для которого должно быть дано описание.

1.2. Символы и словарь языка.

1.2.1. Символы. Минимальными компонентами языка являются символы, из которых составляются слова и остальные сложные конструкции языка.

$\langle \text{символ} \rangle ::= \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{цифра} \rangle | \langle \text{знак} \rangle$

1.2.1.1. Буквы

$\langle \text{буква} \rangle ::= \langle \text{буква русского алфавита} \rangle$

$|D|F|G|I|J|L|N|Q|R|S|U|X|W|Z$

1.2.1.2. Цифры используются для записи значений фактических параметров и имен фрагментов.

$\langle \text{цифра} \rangle ::= 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9$

1.2.1.3. Знаки используются для образования записей фрагментов разных уровней и их компонент.

$\langle \text{знак} \rangle ::= , | ; | (|) | [|] | = | .$

1.2.2.2. Числа.

$\langle \text{число} \rangle ::= \langle \text{десятичное число без знака} \rangle | + \langle \text{десятичное число без знака} \rangle | - \langle \text{десятичное число без знака} \rangle ;$

$\langle \text{десятичное число без знака} \rangle ::= \langle \text{целое без знака} \rangle | \langle \text{десятичная дробь} \rangle ;$

$\langle \text{десятичная дробь} \rangle ::= . \langle \text{целое без знака} \rangle ;$

$\langle \text{целое без знака} \rangle ::= \langle \text{цифра} \rangle | \langle \text{целое без знака} \rangle | \langle \text{цифра} \rangle .$

1.2.3. Слова. Словами языка являются сокращения русских слов, написанные латинскими буквами и обозначающие понятия, необходимые для записи задач этого класса.

$\langle \text{слово} \rangle ::= LLN | KRV | \delta KR | PRX | PRY | PNK | PRN | PNP | PAN | PAP | PRT | KRG |$
 $SKT | KLC | SKL | NZG | RMP | \delta MP | PMP | SGM | MXU | PPR | PVF | SXY | SXX | PST |$

$PSI | PRF | \delta BF | VUF | SCS | KLM | PSN | \delta PR | KNT | \delta GP | ZGX | ZGY | ZGM | ZXP |$
 $ZMP | RVV | ZUP | \delta VL | VIS |$

1.2.4. Словарь содержит слова для обозначений операторов записи разных уровней. Все операторы подразделяются на несколько типов и уровней в зависимости от уровня описываемого фрагмента. Операторы имеют формальные параметры и аргументы.
 $\langle \text{формальный параметр} \rangle ::= \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{буква} \rangle \langle \text{целое без знака} \rangle ;$
 $\langle \text{фактический параметр} \rangle ::= \langle \text{число} \rangle ;$
 $\langle \text{описание фрагмента} \rangle ::= \langle \text{слово} \rangle \langle \text{имя} \rangle \langle \text{запись операторов} \rangle ;$
 $\langle \text{имя} \rangle ::= \langle \text{буква} \rangle | \langle \text{целое без знака} \rangle | \langle \text{буква} \rangle \langle \text{целое без знака} \rangle ;$
 $\langle \text{запись оператора} \rangle ::= \langle \text{слово} \rangle (\langle \text{фактические параметры} \rangle) |$
 $\langle \text{слово} \rangle \langle \text{имя оператора} \rangle (\langle \text{фактические параметры} \rangle) \langle \text{аргумент} \rangle |$
 $\langle \text{слово} \rangle \langle \text{имя} \rangle \langle \text{аргумент} \rangle | \langle \text{слово} \rangle \langle \text{аргумент} \rangle ;$

$\langle \text{аргумент} \rangle ::= \langle \text{имя фрагмента} \rangle | (\langle \text{запись операторов} \rangle)$

Параметры оператора заключены в (); аргумент в []

1.2.4.1. Операторы нулевого уровня используются для описания фрагментов нулевого уровня, составляющих следующий набор:

$LLN(x_1, y_1, \dots, x_m, y_m)$ — ломаная линия, проходящая через точки с координатами $(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$ в порядке их следования в записи;

$KRV(x_1, y_1, \dots, x_m, y_m)$ — кривая линия, проходящая через точки с координатами $(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$ в порядке их следования в записи;

$\delta KR(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3)$ — дуга окружности с центром в точке (x_1, y_1) и концами в точках (x_2, y_2) и (x_3, y_3) , и переход от точки (x_2, y_2) к точке (x_3, y_3) совершается вдоль дуги против часовой стрелки;

$PRX(x_1, y_1, \dots, x_m, y_m)$ — ломаная линия, в точках излома которой составляющие ее отрезки прямых пересекаются под прямым углом; применяется для сокращенной записи, так как в запись записываются только точки, имеющие нечетные номера; начальный отрезок ломаной выбран параллельным оси x -ов;

$PRY(x_1, y_1, \dots, x_m, y_m)$ — аналогично PRX , но начальный отрезок параллелен оси y -ов;

$PK(x, y)$ — точка с координатами (x, y) ;

$PRN(x_1, y_1, x_2, y_2)$ – прямоугольник со сторонами параллельными координатным осям; координаты репера – (x_1, y_1) , антирепера – (x_2, y_2) ;

$PRP(x_1, y_1, x_2, y_2, \mu)$ – прямоугольник произвольного положения, координаты репера которого есть (x_1, y_1) , антирепера – (x_2, y_2) ; μ – минимальный угол между положительным направлением оси x и стороной прямоугольника, отсчитываемый против часовой стрелки;

$PAN(x_1, y_1, x_2, y_2, \varphi)$ – параллелограмм, одна из сторон параллельна оси x – ов; $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ – координаты репера и антирепера, соответственно; φ – угол в вершине параллелограмма, совпадающей с репером;

$PAP(x_1, y_1, x_2, y_2, \beta, \mu)$ – параллелограмм произвольного положения, координаты репера и антирепера которого есть (x_1, y_1) и (x_2, y_2) ; углы β и μ определяются так-же, как в PAN и PRP ;

$PRT(x, y, p, q)$ – прямоугольный треугольник, координаты репера которого (x, y) , катеты параллельны координатным осям x, y и равны p и q , соответственно;

$KRG(x, y, \rho)$ – круг, с координатами центра (x, y) и радиусом ρ ;

$SKT(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3)$ – сектор круга с центром (x_1, y_1) и дугой, имеющей концы $(x_2, y_2), (x_3, y_3)$ и определяемой аналогично ϕKR ;

$KLC(x, y, \rho, q)$ – кольцо, заданное окружностями, имеющими общий центр (x, y) и радиусы ρ и q ;

$SKL(x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \rho)$ – сектор кольца, заданный внутренней дугой, аналогично ϕKR , и шириной кольца ρ .

Предложенный набор операторов не содержит всех возможных геометрических плоских фигур, но представляется наиболее полным для описания встречающихся на практике масок. Весь предложенный набор можно разделить на два следующих поднабора.

Поднабор-I = $\{LLN, KRV, \phi KR, PRX, PRY\}$ – применим для описания границ масок, не требующий существенной доработки чертежа маски перед её описанием; наиболее эффективно применим для описания масок, изготовление которых предполагается на машине, работающей в режиме вырезания;

Поднабор-II = $\{PNK, PRN, PRP, PAN, PAP, PRT, KRG, SKT, KLC, SKL\}$ – применим для описания фигур самих масок, но требует доработки чертежа по выделению в нем элементов, подобным из поднабора; наиболее эффективно применим в САП БИС, если в качестве маскопроизводящей машины используется фотонаборная установка.

1.2.4.2. Операторы высших уровней.
Под контуром (KNT) будем понимать последовательность фрагментов из поднабора-I, составляющих непрерывную линию:

$\langle \text{запись контура} \rangle ::= (\langle \text{записи фрагментов 0-го уровня} \rangle)$

Для записи фрагментов более высоких уровней (I-го, 2-го, 3-го) предлагается следующий набор операторов:

$NZG[A_1, A_2, \dots, A_k]$ – непосредственная запись геометрии, где $A_1, A_2, \dots, A_k$ – запись контуров описываемого фрагмента;

$RMP(\alpha, \beta, \alpha', \alpha'', m, n, \mu)[A]$ – регулярная мультипликация, суть которой состоит в следующем: в узлах прямоугольной области, координаты репера которой (нижнего левого угла) есть α и β , шаг разбиения соответственно α' и α'' , число шагов разбиений m и n , помещается фрагмент, запись которого есть A в положении μ (см. табл. I); применяется для записи регулярных фрагментов;

$\phi RMP(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n, m, n, \mu)[A]$ – общая мультипликация; в отличие от RMP узлы размещения фрагмента с записью A задаются как элементы декартова произведения $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m) \otimes (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n)$;

$RMP(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, \dots, \alpha_m, \beta_m, \mu)[A]$ – произвольная мультипликация; параметры этого оператора задают произвольное расположение узлов следующим образом: $(\alpha_1, \beta_1), (\alpha_2, \beta_2), \dots, (\alpha_m, \beta_m)$;

$SGM(B)[A]$ – сегментирование; из шаблона элемента или другой геометрической конструкции выделяется область A , граница которой задана выражением B ;

$MXU(m, n)[A]$ – масштабирование; производится масштабное преобразование фрагмента, определяемого записью A , с масштабными множителями по x и y соответственно m и n ;

$PPR(\alpha, \beta)[A]$ – параллельный перенос фрагмента, определяемого записью A на α и β соответственно по осям x и y ;

$PRU(\mu)[A]$ – поворот фрагмента, определяемого записью A на произвольный угол μ против часовой стрелки;

$\text{ZOU}(\alpha, \delta)[A]$ – симметричное отображение фрагмента, определяемого записью A относительно прямой, заданной уравнением $y = \alpha x + \delta$;

$\text{ZOX}(\alpha, \delta)[A]$ – симметричное отображение фрагмента, определяемого записью A относительно прямой, заданной уравнением $x = \alpha y + \delta$;

$\text{PUT}(\delta)[F]$ – присвоить фрагменту F тип δ , где δ – либо PSH , либо EIM ;

$\text{PSI}(\alpha)[F]$ – присвоить фрагменту F имя α ;

$\text{PRF}[A, B]$ – пересечение фрагментов с записями A и B ;

$\text{BVF}[A, B]$ – объединение фрагментов с записями A и B ;

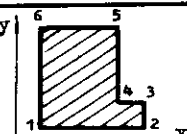
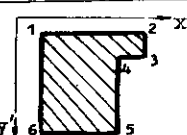
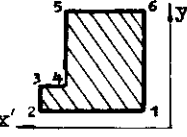
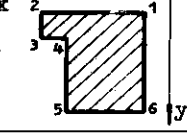
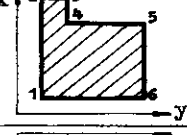
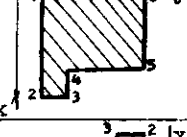
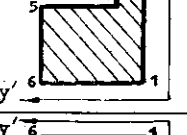
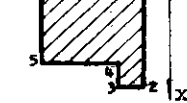
результат этого оператора отличается от двукратного применения к записям A и B операторов типа RMP , DMP , RMP с соответствующими параметрами тем, что в полученном фрагменте "стерты" все линии внутренней области.

$\text{VUF}[A, B]$ – вычитание из фрагмента с записью A фрагмента с записью B ; результатом является та часть фрагмента с записью A , которая не имеет ничего общего с фрагментом с записью B ;

$\text{ZOC}[\alpha_1, A_1, \dots, \alpha_k, A_k]$ – сочленение фрагментов $A_1, \dots, A_k$ с присвоенными им номерами слоев $\alpha_1, \dots, \alpha_k$ в многослойный фрагмент 4-го уровня (VIS).

1.3. Грамматика языка. Изложим грамматические правила описания фрагментов и БИС. Описание фрагмента должно начинаться со слова, определяющего уровень фрагмента. Если этот фрагмент не описан оператором нулевого уровня, то далее следует уникальное имя фрагмента и знак равенства (=). Правая часть записи является совокупностью записей операторов вышних уровней, которые могут быть разделены (;). Запись операторов (кроме нулевого уровня) начинается со служебного слова OPR . Далее следует название оператора, фактические параметры, разделенные (,) и заключенные в () (если имеются), и (если имеются) аргументы оператора, разделенные (;) и заключенные в []. В записях оператора нулевого уровня слово OPR не пишется. Несколько фрагментов нулевого уровня, образующих непрерывную линию, составляет фрагмент того же уровня, называемый контуром KNT . Запись оператора NZG состоит из совокупностей записей контуров, которые могут быть разделены (;).

Таблица 1

Имя № оператора	Описание преобразования	Геометрическая интерпретация	a_i	b_i	c_i	d_i	
1	OSP	Начальное (основное) положение		I	0	0	I
2	ZOX	Зеркальное отображение относительно оси x		I	0	0	-I
3	ZOY	Зеркальное отображение относительно оси y		-I	0	0	I
4	ZON	Зеркальное отображение относительно начала координат		-I	0	0	-I
5	ZXP	Зеркальное отображение относительно x и поворот на 90° против час. стр.		0	I	I	0
6	ZNF	Зеркальное отображение относительно y и поворот на 90° против час. стр.		0	I	-I	0
7	POV	Поворот на 90° против час. стр.		0	-I	I	0
8	ZYP	Зеркальное отображение относительно y и поворот на 90° против час. стр.		0	-I	-I	0

Возможности языка и методику описания продемонстрируем на примере (см. приложение). В таблице I приведены 8 положений (начальное I) плоского двумерного фрагмента и коэффициенты преобразования для каждого i -го положения:

$$x' = a_i x + b_i y,$$

$$y' = c_i x + d_i y.$$

Предлагаемый набор операторов, а следовательно, и язык не исчерпывают всех возможных преобразований (нет преобразования прямоугольного контура в отрезок кривой или дугу окружности) и всех возможных описаний плоских фигур (нет эллипса). Но ориентированность языка на топологию БИС и наличие оператора нижнего уровня KRV позволяет возместить этот недостаток. С другой стороны, язык избыточен в том смысле, что записи одного и того же фрагмента могут быть неоднозначны при использовании различных операторов. Например, оператор RMP является наиболее общим из операторов RMP, RMP, каждое из положений таблицы может быть записано как последовательное выполнение операторов RPR, RPE, SOX, SOX с соответствующими параметрами.

Но такая избыточность языка упрощает работу с ним, сокращает записи и упрощает конструкцию транслятора с этого языка в машинное представление.

В качестве входного языка описания исходной информации в системе "ПОИСК" принято подмножество языка описания топологии, рассмотренного выше, которое определяется следующим образом:

< знак > ::= , ; | ;

< число > ::= < целое без знака >;

ограничение на число: $0 \leq N \leq 99999$

< имя > ::= < число >

Знак $\sim$ (надчеркивание) применяется для обозначения имен операторов; операторы нулевого уровня:

$\sim LLN$, $\sim KRV$, $\sim JKR$, $\sim PRX$, $\sim PRY$, $\sim PNK$;

операторы высших уровней:

$\sim NZG$, $\sim RMP$, $\sim RMP$, $\sim RMP$.

Транслятор системы осуществляет преобразование описания, заданного на входном языке в машинное представление, когда каждому слову и фактическому параметру соответствует элемент массива поля ввода. Слова представлены в 5-символьном виде,

фактические параметры - двоичными целыми числами. Знаки ", " и ";" игнорируются. При вводе информации с перфокарт или перфолент производится диагностирование ошибок и выдача их на УПЧ. Кроме этого, производится попытка исправить некоторые типы ошибок (например, пропущенное $\sim$), о чем оператор уведомляется также сообщением на УПЧ. Ввод, диагностирование и трансляцию производят процедуры EHTAZ и GRAKB. Список диагностических сообщений приведен в таблице 2.

2. Банк данных

В системе ПОИСК принята иерархическая структура банка данных, схематически представленная на рис. 2. На 4-м уровне находится словарь языка управления MSU [1:320], содержащий имена программ системы, виды и режимы их работы, имена носителей входной и выходной информации, имена внешних устройств ЭВМ "Минск-32", имена фондов и каталогов, некоторые символы и слова словаря входного языка описания, которые из-за требований модульности системы были отнесены в словарь управления, имена программ обмена с НМЛ, принятые в СМО "Минск-32". Массив MSU вводится и корректируется программой SUBRC в пределах ее возможностей; имеет 2 прототипа: в оперативной памяти (ОП) MSU[1:320] - внутренний массив, в НМЛ на системной ленте СИСМЛ SUOOO[1:320] - внешний массив.

На 3-м уровне находится анкета системы; содержит максимальные длины внутренних и внешних массивов каждой из структурных единиц банка данных системы более низких уровней, имена их носителей; вводится и корректируется программой SUBRC в пределах ее возможностей; имеет 2 прототипа: в оперативной памяти MAP [1:24] - внутренний массив; в НМЛ на системной ленте AN OOO[1:24] - внешний массив.

Словарь системы находится на 2-м уровне и содержит слова входного языка, геометрические параметры (размеры рабочих полей, масштабы преобразований, разрешающие способности) координатного стола системы КАРТИМАТ и графопостроителя ВЕКТОР-1301, имена программ и команд специализированного вычислительного устройства системы КАРТИМАТ, коэффициенты для вычисления координат точек всех 8 возможных положений фрагмента. Словарь вводится и корректируется программой SUBRC. Имеет 2 про-

Таблица 2

Текст сообщения	Причины сообщения
+с : грамматическая ошибка больше 5-ти символов	Служебное слово или число содержит больше 5-ти символов
+с : грамматическая ошибка - служебное слово	Такого служебного слова нет в словаре системы
+с : грамматическая ошибка - тип фрагмента, имя	Ошибка в написании фрагмента или его имени
+с : грамматическая ошибка - нет такого оператора	В описании применено имя оператора, которого нет в словаре системы.
+с : грамматическая ошибка - нечетное число параметров	Нарушена четность числа фактических параметров в записи оператора
+с : грамматическая ошибка - четное число параметров	Нарушена нечетность числа фактических параметров в записи оператора

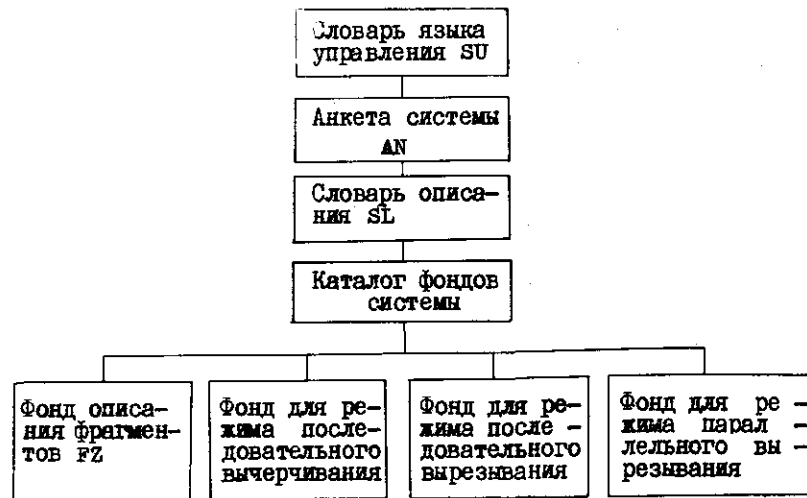


Рис. 2

тотипа: в оперативной памяти MSL [1:320] - внутренний массив; в НМЛ на системной ленте СИСМЛ - внешний массив SLOOO[1:320].

Очевидно, что систему можно настроить на другой входной язык (имеющий идентичную иерархическую структуру), заменив в словаре ту её часть, которая содержит слова входного языка. Аналогичным образом можно перенастроить систему на другую установку, идентичную по функциональным возможностям системе КАРТУМАТ, но имеющую другие имена программ и команд.

Эти перечисленные компоненты банка данных системы ПОИСК семантикой своих элементов отражают ее возможности, и поэтому можно считать их неотъемлемыми сегментами-программами. Допуск к ним открыт только тогда, когда оператор по запросу диспетчера назовет правильный пароль.

Далее рассмотрим 0-й уровень, на котором находятся все рабочие фонды. Число их равно значению элемента MAN(2) = 4.

Рассмотрение фондов начнем с фонда, содержащего описание фрагментов ZF. Весь фонд находится в НМЛ на магнитной ленте ввода-вывода МЛВВВ и имеет несколько листов, число которых ограничено значением MAN(I3) = 999. Лист фонда ZF содержит целое число описаний фрагментов, и конец листа обозначается словом "END". Максимальная длина листа равна значению MAN(I2) = 2240. Следовательно, длина листа описания фрагмента в оттранслированном виде не должна превосходить 2239. Каждый лист имеет свое уникальное имя ZFklm, где klm - трехсимвольное представление в ГОСТ 10859 - 64 номера листа. При работе системы ПОИСК обмен фонда ZF с оперативной памятью производится по одному листу через поле ввода (вывода) - массив MFZF [1:2240]. Фонд ZF формируется программой SUBRE при заданном виде работы: ввод, замена или пополнение.

Следующим является фонд, содержащий управляющую информацию для прецизионного вырезывания фрагментов на установке КАРТУМАТ - фонд KS. Он состоит из листов, число которых ограничено значением MAN[21] = 999; длина листа равна MAN[23] = 2240. Для одного фрагмента отведено целое число листов фонда KS, последний из них содержит признак конца, совпадающий с ":" (ГОСТ 10859 - 64). Аналогично фонду ZF каждый лист имеет свое уникальное имя KSklm. Обмен фонда с оперативной памятью производится через поле ввода-вывода - массив MFS [1:2240] по од-

ному листу. Фонд формируется программой SUBRK при заданном виде работы - ВПРЕЗывание и режиме - ПАРАЛлельное. Аналогично формируются программой SUBRP фонды КР и КТ, содержащие информацию для последовательного вырезывания и вычерчивания фрагментов. Число листов для каждого из них ограничено $MAN [18] = 999$ и $MAN [15] = 999$.

На первом уровне находится каталог фондов КРФ, в котором зафиксированы сведения о фондах системы и фрагментах. Каждому фрагменту соответствует блок информации в каталоге, содержащий следующие сведения:

- тип фрагмента ("КЛМ" или "РШН");
- имя фрагмента;
- номер листа фонда ЗР, в котором содержится описание данного фрагмента;
- номер начального листа блока фонда КС, соответствующего этому фрагменту (последним листом этого блока будет лист, содержащий ":");
- номер начального листа блока фонда КТ, соответствующего этому фрагменту;
- номер начального листа блока фонда КР, соответствующего этому фрагменту.

Если фрагмент имеет тип "РШН", то для него блок каталога ничего больше не содержит, если же он типа "КЛМ", то блок каталога для него содержит следующие величины:

- минимальное значение координаты x этого элемента;
- минимальное значение координаты y этого элемента;
- максимальное значение координаты x этого элемента;
- максимальное значение координаты y этого элемента.

Последние 4 величины определяют минимальную прямоугольную область, содержащую полностью этот элемент, и используются при формировании блока этого элемента в фонде КС программой SUBRK. Максимальные номера листов каждого из фондов (ЗР, КС, КР, КТ) равны значениям первых четырех переменных каталога КРФ. Число k шаблонов и l элементов должны удовлетворять следующему неравенству:

$$k (MAN [2] + 2) + 1 (MAN (2) + 6) + 4 \leq 2240.$$

Каталог КРФ имеет 2 прототипа: в оперативной памяти КРФ [1:2240] - внутренний массив, в НМЛ на магнитной ленте ввода-вывода МЛВВВ КРОО [1:2240] - внешний массив.

Введение в банк данных и результатов каталога КРФ было продиктовано спецификой СМО "Минск-32", когда в качестве основного внешнего накопителя используется НМЛ.

3. Работа с системой ПОИСК

Прежде всего опишем возможности системы:

- ввод с носителя (перфокарты или перфоленты) фонда ЗР, формирование каталога КРФ и запись ЗР в НМЛ;
- изъятие из банка данных какого-нибудь фрагмента; замена одного фрагмента другим, пополнение фонда ЗР и вывод на внешние носители (перфокарты, перфоленту и печать) в автоматическом режиме (весь какой-либо фонд) или по вызову (блоки фондов, соответствующие какому-либо фрагменту); формирование отдельных блоков каждого из фондов для каждого фрагмента, вычерчивание фрагментов на графопостроителе ВЕКТОР-1301, вывод управляющей информации для КАРТИМАТа в форме первичной и вторичной перфоленты, дублирование на магнитной ленте банка данных МЛВВВ.

Система ПОИСК состоит из постоянно находящегося в оперативной памяти диспетчера системы и программ, находящихся на системной ленте СИСМЛ, загружаемых в оперативную память для выполнения заданных оператором и диспетчером работ. Работа с системой осуществляется в режиме диалога. Для отличия директив диспетчера ЭВМ "Минск-32" от системного диспетчера сообщения и задания последнего отмечаются знаком "+" и выглядят следующим образом (см. табл. 3): +с: текст сообщения; +з: текст задания.

После выдачи сообщения или задания машина находится в состоянии, определяемом оператором ЖФ [3-4]. Для выполнения задания оператор должен набрать на ПМПО соответствующий ответ. Каждый введенный оператором ответ диагностируется системным диспетчером следующим образом:

- имеется ли в перечне работ, имен носителей информации, имен фондов и т.д. введенная директива; в случае отрицательного ответа выдается сообщение об ошибке и задание повторить ввод директивы;

- совместима ли последняя введенная директива с введенными ранее; при несовместимости диспетчер выдает сообщение об ошибке и требование повторить ввод директивы.

Таблица 3

Директивы и сообщения системы ПОИСК

+з : Вид работы
 +с : ошибка - вид работы
 +з : имя массива, фонда
 +с : ошибка - имя массива, фонда
 +з : пароль
 +с : ошибка - пароль
 +з : имя носителя
 +с : ошибка - имя носителя
 +с : ввод фонда записи
 +с : вывод каталога фондов
 +з : режим работы
 +с : ошибка - режима работы
 +с : работает графопостроитель
 +с : вырезывание параллельное
 +с : вырезывание последовательное
 +с : черчение последовательное
 +с : вторичная перфокарта
 +з : тип фрагмента
 +с : ошибка - тип фрагмента
 +з : имя фрагмента
 +с : ошибка - имя фрагмента
 +з : масштаб по оси x -ов
 +з : масштаб по оси y -ов
 +з : смещение репера по оси x -ов
 +з : смещение репера по оси y -ов
 +з : вывод на ПЛ
 +з : дублирование
 +з : номер пера
 +з : имя исключаемого фонда
 +с : ошибка - имя исключаемого фонда
 +с : в фонде записей нет фрагмента
 +з : печать текста

При отказе от задания диспетчер выдает предыдущее задание. Приведем перечень видов работ, имен носителей, имен фондов и массивов и т.д. в нотации Бэкуса.

<вид работы> ::= <ВВОД> | <ВЫВОД> | <ИЗЪЯТИЕ> | <ЗАМЕНА> | <ПОПОЛНЕНИЕ> | <ВЫРЕЗЫВАНИЕ> | <ЧЕРЧЕНИЕ> | <ГРАФОПОСТРОИТЕЛЬ> | <ВТОРИЧНАЯ ПЕРФОКАРТА> | <ДУБЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОЙ ЛЕНТЫ> | <КОНЕЦ>;
 <режим вывода> ::= <АВТОМАТИЧЕСКИЙ> | <по ВЫЗОВУ>;
 <вариант режима вызова> ::= <отдельный ЛИСТ> | <ФРАГМЕНТ>;
 <режим вырезывания> ::= <ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ> | <ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ>;
 <режим дублирования> ::= <АВТОМАТИЧЕСКИЙ> | <по ВЫЗОВУ>;
 <имя носителя> ::= <Перфокарты> | <Перфокарта> | <Печать>;
 <имя массива или фонда> ::= <каталог фондов фрагментов - ККФ> | <фонд записей фрагментов - FZF> | <фонд вырезывания параллельного - FKB> | <фонд вырезывания последовательного - FKP> | <фонд черчения - FKT>;
 <тип фрагмента> ::= <фотошаблон - FSH> | <элемент - ELM>;
 <имя фрагмента> ::= <число>
 <масштаб по x - MSX> ::= <число>
 <масштаб по y - MSY> ::= <число>
 <смещение по x - XPT> ::= <число>
 <смещение по y - YPT> ::= <число>
 <отказ от задания> ::= < ***** >

Заметим, что заглавные буквы в правых частях формул образуют ответ оператора, введенный с ПМПО на директиву диспетчера.

Опишем более подробно специфику некоторых видов работ системы ПОИСК, при этом не будут затронуты вопросы и режим диалога с загрузчиком СМО "Минск-32", изложенные в [3-5].

3.1. Ввод, изъятие, замена, пополнение. Эти виды работ выполняются программой SUBRE, загружаемой в оперативную память загрузчиком.

3.1.2. Ввод. Эта работа начинается с разметки МЛ (с учетом коммутации) именем МЛВВВ.

Ввод информации для фонда ZF осуществляется листами, содержащими не более 2240 слов и чисел ("," и ";" игнорируются). Конец листа определяется служебным словом "END".

Диагностика ошибок и трансляция производится как в процессе ввода, так и после ввода всего листа. Такие фрагменты, в опи-

сании которых не обнаружено ошибок и для которых в каталоге фондов фрагментов КГФ имеется свободное количество элементов, превосходящих требуемое для занесения в КГФ необходимых сведений об этих фрагментах, записываются во внешний аналог фонда ЗГ с одновременным занесением в КГФ соответствующей этим фрагментам информации.

Если КГФ оказался мал (об этом диспетчер информирует оператора), фрагмент в фонд ЗГ не записывается. В таком случае для записи в фонд ЗГ описания фрагмента необходимо произвести изъятие из ЗГ фрагмента, имя которого не фигурирует в описании вводимого. Если в ЗГ имеется уже фрагмент с именем, которое тождественно имени вводимого, то последний в ЗГ не записывается и об этом выдается сообщение. Во всех остальных случаях требуется произвести дублирование магнитной ленты (см. п.3.4).

3.1.3. Изъятие. Для изъятия какого-либо фрагмента диспетчер требует от оператора указания типа фрагмента (ЕЛМ или ЕЗН) и имени фрагмента. После проверки наличия в каталоге КГФ данных об этом фрагменте (об их отсутствии оператору выдается на ПМЮ соответствующая директива), производится изъятие фрагмента следующим образом: в ОП вводится лист фонда ЗГ, содержащий описание данного фрагмента, которое удаляется из листа путем приравнивания к нулю участка, отведенного под это описание, и последующего сжатия этого листа. Лист записывается в фонд ЗГ, а из каталога аналогичным образом удаляется информация, соответствующая данному фрагменту. Лист фонда ЗГ записывается в НМЛ либо при переходе к другому виду работы, либо к считыванию в ОП листа, отличного от находящегося там.

3.1.4. Пополнение. Пополнение производится аналогично вводу без разметки магнитной ленты ввода-вывода МЛВВВ.

3.1.5. Замена. Замена производится упрощенным способом, а именно: описание одного фрагмента заменяется описанием другого и состоит в последовательном выполнении изъятия заменяемого фрагмента и пополнения фонда ЗГ описанием заменяющего фрагмента.

3.2. Вывод. ПОИСК осуществляет вывод на внешние носители каталога и фондов, указанных оператором с ПМЮ. Это выполняет программа SUBRN, загружаемая в оперативную память

загрузчиком. Диспетчер требует указания имени фонда и режима вывода. При автоматическом режиме к выводу на внешний носитель подготавливается весь указанный фонд; при режиме ВЫЗОВ диспетчер требует следующего указания - вариант режима вывода - ЛИСТ или ФРАГМЕНТ; получив от оператора указание номера листа фонда или тип и имя фрагмента, диспетчер подготавливает к выводу часть фонда, соответствующую этим указаниям, на внешние носители: ПерфоКарты, ПерфоЛенту или Печать. После указания имени внешнего носителя программа SUBRN осуществляет вывод.

3.3. Подготовка информации для КАРТИМАТа и графопостроителя. В системе ПОИСК заложены функциональные возможности, определяемые следующим набором видов работы:

- ВЫРЕЗывание (ПАРАЛлельное и ПОСЛЕдовательное);
- ЧЕРЧЕНИЕ (только последовательное);
- моделирование работы КАРТИМАТа на ГРАФОПостроителе ВЕКТОР-1301;

- моделирование работы специализированного вычислительного устройства для получения Вторичной ПерфоЛенты;

Все эти работы выполняют программы SUBRK, SUBRP, SUBRG и SUBRL, загружаемые в оперативную память загрузчиком.

Под ПОСЛЕдовательным режимом понимается вырезывание или черчение на КАРТИМАТе фрагмента в порядке, совпадающем с порядком описания его в фонде ЗГ. ПАРАЛлельный режим совпадает с режимом высокоточного (прецизионного) черчения и вырезывания на установке КАРТИМАТ.

После указания оператором типа и имени фрагмента диспетчер производит проверку наличия такого фрагмента в каталоге КГФ и выдает оператору соответствующее сообщение. В системе ПОИСК заложена возможность масштабных преобразований и смещений фрагмента в поле КАРТИМАТа. Если обозначить через X_F , Y_F координаты точки фрагмента в МКМ, то соответствующая ей точка в поле координатографа КАРТИМАТа будет иметь координаты X_F , Y_F , вычисляемые по следующим формулам:

$$X_F = X_{PT} + \frac{X_F \cdot MSX}{1000} \quad (\text{мм})$$

$$Y_F = Y_{PT} + \frac{Y_F \cdot MSY}{1000} \quad (\text{мм})$$

Величины MSX, MSY, XPT, YPT вводятся оператором с ПМПО по требованию диспетчера системы.

Перед началом работы программ SUBRP и SUBRK диспетчер проверяет наличие в каталоге KFF всех фрагментов, присутствующих в описании рассматриваемого фрагмента, а также вычисляет максимальные габариты фрагмента с целью проверки: помещается ли он в поле координатографа КАРТИМАТА; в случае отрицательного ответа об этом выдается на ПМПО сообщение оператору. В противном случае SUBRP и SUBRK осуществляют подготовку управляющей информации в соответствии с заданным видом работы и режимом, формируя листы соответствующего фонда — текстовые массивы длиной по 2240 5-символьных слов. Диспетчер требует от оператора указания для вывода каждого такого массива на перфоленту (ПЛ), а также дублирования (ДУБЛБ). После перфорации производится запись массива в НМЛ на магнитную ленту ввода-вывода МЛВВБ.

Программы SUBRG и SUBRL являются имитаторами системы КАРТИМАТ на ЭВМ "Минск-32" а именно:

SUBRG моделирует на графопостроителе ВЕКТОР-1301, агрегированном с "Минск-32", работу по вычерчиванию фрагментов, которые должны быть либо вычерчены, либо вырезаны на КАРТИМАТе; информация о фрагменте может по указанию оператора вводиться либо с ПЛ (первичная или вторичная ПЛ), либо с НМЛ.

SUBRL моделирует специальное вычислительное устройство по получению вторичной перфоленты; информация о фрагменте также по указанию оператора может вводиться либо с ПЛ (первичная лента), либо с НМЛ.

3.4. О б м е н с НМЛ. В НМЛ на ленте под именем МЛВВБ находится банк данных и результатов системы ПОИСК, который состоит из нескольких листов. Каждый лист имеет свое уникальное имя, состоящее из имени фонда, к которому он относится, и трехзначного номера листа в этом фонде. Максимальный номер листа ограничен значением соответствующего элемента анкеты.

Обмен с НМЛ происходит следующим образом. По входным параметрам (имя фонда, номер листа, вид обработки и т.д.) подпрограмма обмена ОСМАН генерирует имя листа фонда и, если происходит запись в НМЛ, проверяет по каталогу KFF наличие на магнитной ленте ввода-вывода листа с таким именем. Если такой лист

имеется, то в его НБ вместо имени ставится ИЗЪЯТ, и дальше продолжается работа программы ОСМАН, которая пользуется услугами программ обмена с НМЛ из СМО "Минск-32" [6]. После завершения обмена корректируется KFF.

Дублированием Магнитной Ленты необходимо воспользоваться тогда, когда при очередной записи диспетчер выдаст сообщение — КОНЕЦ ЛЕНТЫ. Оператор, задав вид работы ДУБМЛ, имеет возможность отдублировать магнитную ленту ввода/вывода МЛВВБ с теми массивами, имя которых не совпадает с ИЗЪЯТ, исключив ненужные фонды (имена их указываются с ПМПО), и расположить оставленные фонды в последовательности, указанной оператором, в естественном порядке номеров листов.

Поскольку при поиске на магнитной ленте ввода/вывода МЛВВБ массива с заданным именем лента сначала возвращается на НК, то с целью экономии времени и уменьшения холостых пробегов целесообразно пользоваться ДУБМЛ почаще, осуществляя своего рода сжатие на магнитной ленте ввода/вывода МЛВВБ, исключая из нее массивы с именами ИЗЪЯТ.

В заключение отметим, что допускается расширение как оловяря системы, так и функциональных возможностей. Это можно сделать с помощью пополнения словаря MSX и массива символов управления MSU только в том случае, если правильно назван пароль. Система ПОИСК была опробована в подготовке информации для получения нескольких шаблонов на КАРТИМАТе. Приведем некоторые характерные данные, полученные в результате эксплуатации.

Приведем характеристики шаблонов.

FSN 1 имеет 7 областей регулярности:

- 270 прямоугольных замкнутых фигур, имеющих по 8 точек излома;

- 76 окружностей, расположенных по границе шаблона;
- границу шаблона, заданную прямыми линиями;
- 9 операторов в записи шаблона;

FSN 2 имеет одну область регулярности:

- 6 прямоугольных фигур, каждая из которых состоит из 16 прямоугольников;

- границу шаблона, заданную прямыми линиями;
- 9 операторов в записи шаблона.

В таблице 4 приведены данные по количеству затраченного времени на ЭВМ "Минск-32" и объему полученной информации на перфоленте.

Т а б л и ц а 4

Имя фрагмента	Режим работы	Время счета (мин)	Число листов, полученное информацией	Время перфораций (мин)
FSH1	Вырезывание параллельное	370	8,3	25
	Вырезывание последовательное	15	4,5	15
FSH2	Вырезывание параллельное	70	1,7	6
	Вырезывание последовательное	3	1	3

Приведенные в таблице данные о времени работы системы ПОИСК для различных режимов говорят о целесообразности режима прецизионного (параллельного) вырезывания, так как он обеспечивает необходимую точность вырезывания шаблона. Кроме того, имели место случаи (в основном на тестовых структурах), когда соотношение времени работы системы ПОИСК в разных режимах составляло 2:1-3:1.

Вполне понятно поэтому, что решающим фактором в выборе режима работы будет точность вырезывания.

Л и т е р а т у р а

1. Система обработки данных "КАРТИМАТ", выпускаемая н/п "Карл Цейсс Йена" 1969 г. Н/п "Карл Цейсс Йена".
 2. BRASCHI G., FERRARI D. A language for Treating Geometric Patterns in a Two-dimensional Space. - "Communications of the ACM", 1971, v.14, N 1, p.26-32.
 3. БЕЛОКУРСКАЯ И.А., КУШНЕРОВ Н.Т., НЕМЕНМАН М.Е. Диспетчер ЭВМ "Минск-32". М., "Статистика", 1973.
 4. КУШНЕРОВ Н.Т., НЕМЕНМАН М.Е., ЦАГЕЛЬСКИЙ В.П. Программирование для ЭВМ "Минск-32". М., "Статистика", 1972.
 5. СМО "Минск-32". Библиотека программ. Организация обмена информацией с внешними устройствами основного комплекта описания. EI4.069.004106. Редакция I-69, 1969.
 6. СМО "Минск-32". Система программ Диспетчер. Общее описание EI4.069.00110. Редакция I-69, 1969.
- Поступила в ред.-изд.отд.
20 мая 1975 года

Пример, иллюстрирующий возможности языка

Маска, представленная на рис.3, состоит из нескольких областей:

- область G_1 , в которой регулярно мультиплицирован элемент E_1 ;

- область G_2 , в которой регулярно мультиплицирован симметрически отраженный относительно оси x элемент E_1 ;

- крест совмещения F_1 ;

- область G_3 , состоящая из фигур P, Q, R, S .

Описать элементы E_1, F_1 и фигуры P, Q, R, S можно несколькими способами. Приведем два варианта записи элементов:

а) $EIM F1 = \emptyset PR NZG [KNT PRX (120, 0, 280, 180, 400, 270, 0, 180, 120, 0)]$;

$EIM F1 = \emptyset PR NZG [KNT PRY (140, 0, 0, 140, 140, 320, 170, 170, 320, 140, 140, 0)]$;

б) $EIM F1 = \emptyset PR \emptyset BF [PRN (120, 0, 280, 320); PRN (0, 180, 400, 270)]$;

$EIM F1 = \emptyset PR \emptyset BF [PRN (140, 0, 170, 320) PRN (0, 140, 320, 170)]$.

Так как описать фигуры P, Q, R, S области G_1, G_2 , можно несколькими способами то, следовательно, и маска $M 400$ может быть описана несколькими способами. Приведем один из вариантов описания маски.

$FSH M400 = \emptyset PR RMP (480, 390, 450, 350, 3, 2, 1) [EIM F1]$;

$\emptyset PR RMP (480, 1380, 450, 0, 3, 1, 2) [EIM F1] \emptyset PR RMP (80, 1200, 1) [EIM F1]$;

$\emptyset PR NZG [KNT PRX (100, 100, 2320, 160, 160, 1100, 100); KNT PRX (2140, 360, 2450, 650, 2300, 510, 2420, 390, 2230, 430, 2140, 360) KNT PRY (2290, 850, 220, 960, 2120, 910, 2450, 1000, 2290, 850) KNT PRX (2030, 1130, 2440, 1270, 2300, 1160, 2130, 1210, 2030, 1130)]$

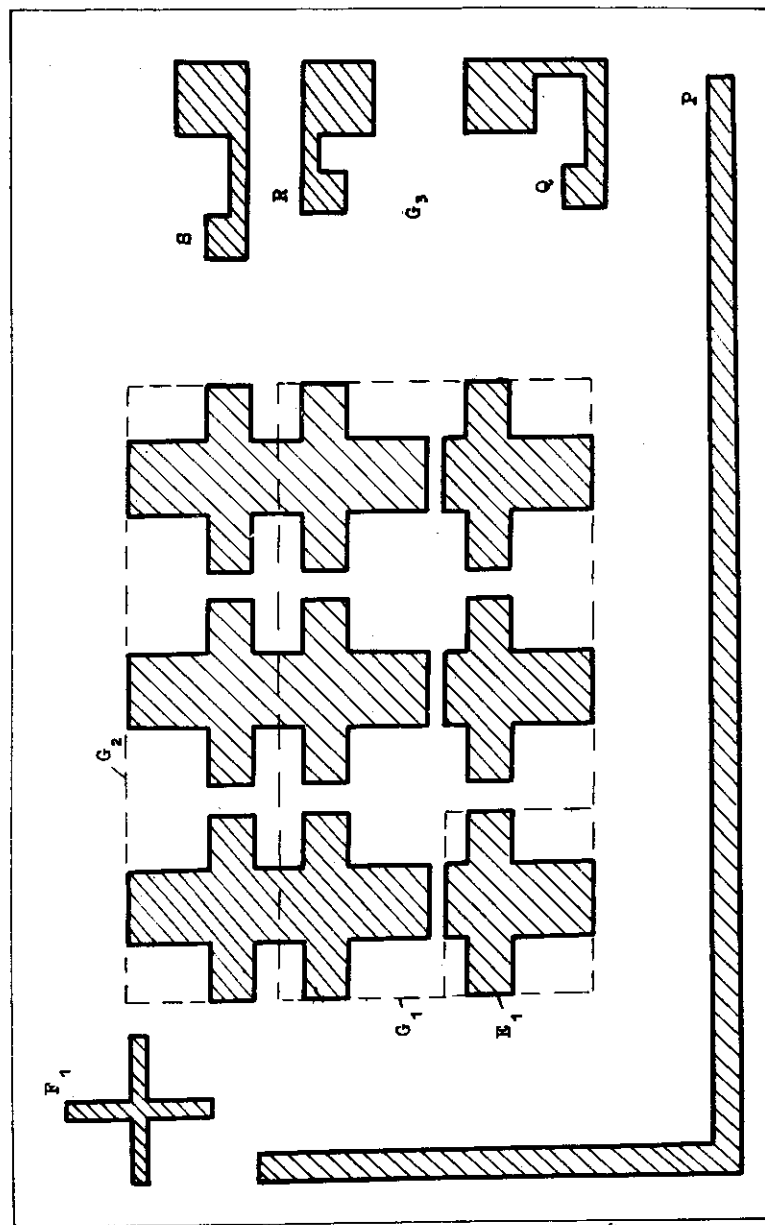


Рис. 3. Машина M400