

О НЕКОТОРЫХ ПРОСТЕЙШИХ РЕАЛИЗАЦИЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
СРЕДЫ

Э.В. Евреинов, Ю.Г. Косарев

В работах [1], [2], где были описаны основные свойства вычислительной среды, последняя рассматривалась как основа построения микроминиатюрных вычислительных машин.

В данной статье описываются некоторые результаты, полученные при рассмотрении возможности и целесообразности моделирования вычислительной среды на обычных элементах. В ходе этой работы были созданы модели на обычных реле. Оказалось, что такие модели могут представить и самостоятельный практический интерес как универсальное устройство, которое можно настраивать на реализацию схемы любого простейшего автомата. Эти модели могут применяться в качестве простейших обучающих машин типа "экзаменатор" и "репетитор".

Кроме того, они могут служить "логическим конструктором" для выполнения функций алгебры логики, конечных автоматов, графов и т.п., что может оказаться полезным при преподавании элементов кибернетики в средних и высших учебных заведениях. Ниже будут описаны два типа универсальных логических конструкторов (ЛК-1 и ЛК-2). На рис. 1, 2 показаны образцы этих устройств, изготовленные экспериментальными мастерскими ИМ СО АН СССР. Конструкторская документация ЛК-1 оформлена инженером В.Е.Луцким, ЛК-1а - инженером Э.Е.Бартлемановым при участии электромеханика А.Р.Турук, ЛК-2 - инженером Э.К.Скворцовым.

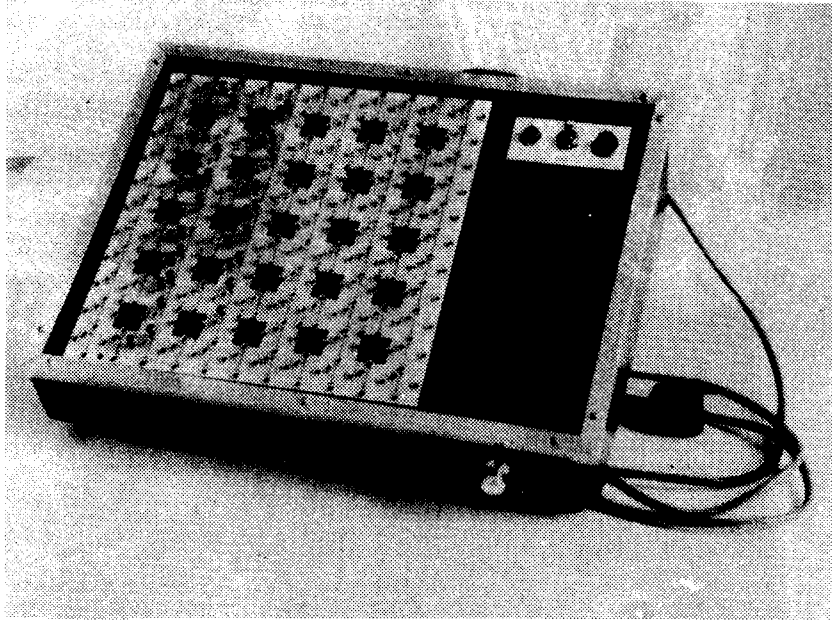


Рис. 1. ЛК - 1.

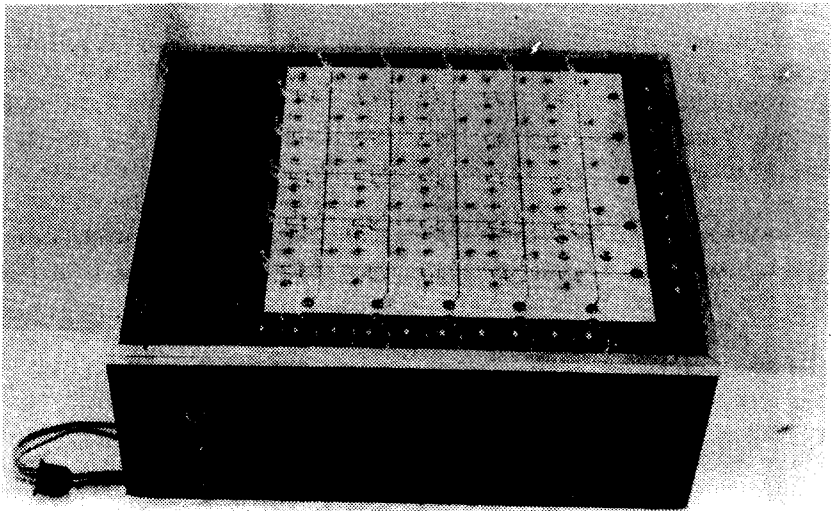


Рис. 2. ЛК - 2.

ЛК-1 и ЛК-1а представляют собой участок двумерной вычислительной среды с числом элементов 5×5 . Элемент среды состоит из функционального элемента и некоторого числа соединительных элементов. Конструкция ЛК-1а от ЛК-1 отличается только числом соединительных элементов. Опишем устройство ЛК-1а (рис. 3).

Соединительный элемент

В соединительном элементе (рис. 4) обозначим рабочие полюсы через a_1, a_1', a_2, a_2' контакты, управляющие настройкой через K_0, K_1, K_2 . При этом контакты, примыкающие к полюсам a_1 и a_2 , будем относить к данному соединительному элементу, а контакты, примыкающие к полюсам a_1' и a_2' - к соседним с ним элементам (соединительным или функциональным). Состояния управляющих контактов будем обозначать также через K , причем K_i будет означать, что " K_i -й контакт замкнут", \bar{K}_i - что " K_i -й контакт разомкнут".

Каждый соединительный элемент может настраиваться на соединения между рабочими полюсами, описанные в табл. 1. Настройка осуществляется с помощью штеккеров, вставленных в соответствующие гнезда. Нетрудно видеть, что реализуемый набор соединений обладает свойством полноты (см. [2]).

Функциональный элемент построен на основе обычного реле (рис. 5). Как и соединительный элемент, он имеет четыре рабочих полюса и три управляющих контакта. С помощью контакта K_0 к среднему контакту реле присоединяется источник питания. Реле ∇ подключается к полюсу a_2' через контакт K_2 нижележащего соединительного элемента. Параллельно с обмоткой реле включена индикационная лампочка \mathcal{L} . Заметим, что полюса a_2' нижнего ряда элементов отождествлены с полюсами a_2 верхнего ряда. Аналогично отождествлены полюса a_1' левого столбца элементов с полюсами a_1 правого столбца. Таким образом, участок среды ЛК-1 и ЛК-1а представляет собой замкнутую поверхность. Контакты настройки, соответствующие этим полюсам, позволяют в случае нужды разрывать эту замкнутую цепь и присоединять другие устройства (например, другую ЛК-1 для увеличения числа элементов, какие-нибудь управляемые объекты и т.д.).

Условимся обозначать настройку каждого соединительного

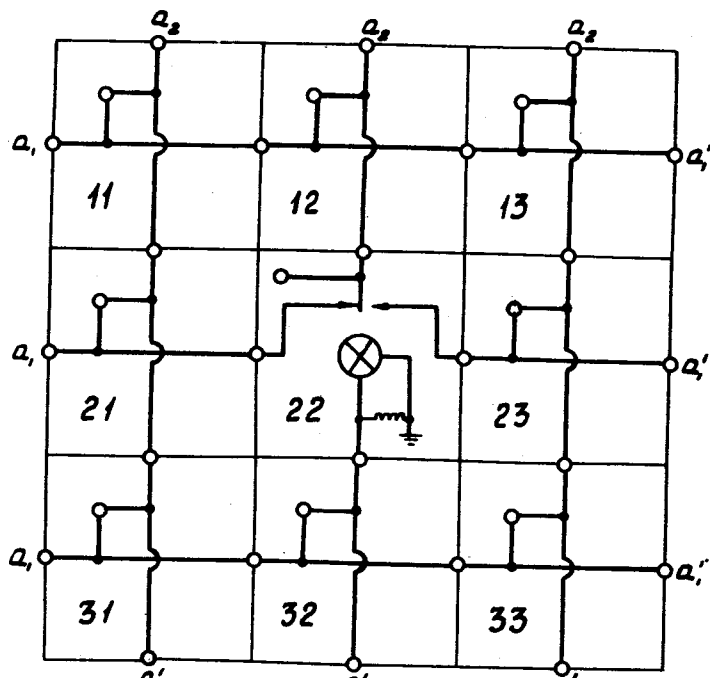


Рис. 3

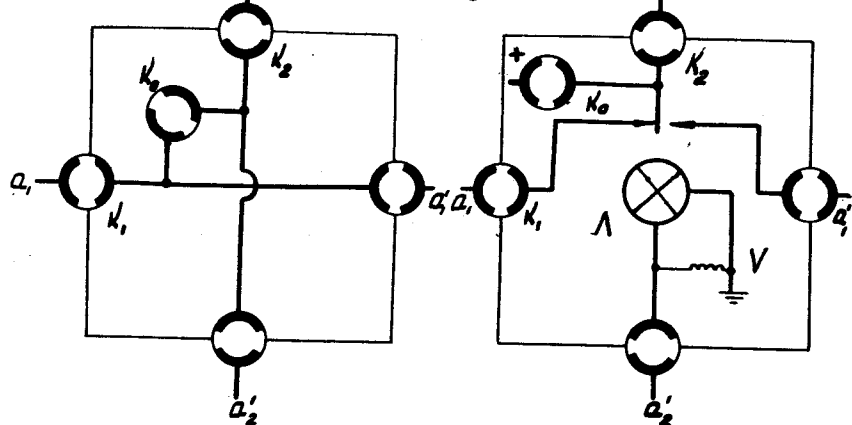


Рис. 4

Рис. 5

или функционального элемента пятиразрядным восьмеричным числом $\alpha_4 \alpha_3 \alpha_2 \alpha_1 \alpha_0$, где $\alpha_0 = 0, 1, \dots, 7$ означает функцию соединения из табл. I; $\alpha_1, \alpha_2 = 1, 2, 3$ означают координаты элемента (соединительного или функционального) внутри элемента среды; $\alpha_3, \alpha_4 = 1, 2, \dots, 5$ - означают координаты элемента среды. Например, запись I1337 означает, что соединительный элемент, находящийся в правом нижнем углу левого верхнего элемента среды, должен иметь включенными все три контакта K_0, K_1 и K_2 .

Настройка участка среды может задаваться либо в виде списка пятиразрядных восьмеричных чисел, либо в виде матрицы 15×15

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1,15} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2,15} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{15,1} & C_{15,2} & \dots & C_{15,15} \end{bmatrix}$$

где $C_{ij} = \alpha_0$; $i, j = 1, 2, \dots, 15$ указывают координаты соединительного или функционального элемента.

О п и с а н и е ЛК-2

ЛК-2, как и ЛК-1, состоит из 5×5 элементов вычислительной среды (рис. 2). Элемент вычислительной среды показан на рис. 6. Этот элемент по своим свойствам аналогичен элементу вычислительной среды, описанному в § 5 работы [2]. Отличие от последнего состоит в том, что здесь для управления настройкой вместо поляризованных реле применены обычные однообмоточные реле P_1, P_2, P_3, P_4 . Запоминание состояния настройки производится посредством самоблокировки этих реле. Сброс осуществляется путем обесточивания обмоток реле P_1, P_2, P_3 с помощью возбуждения реле P_4 . Функциональный элемент реализуется с помощью обычного однообмоточного реле V .

Рабочие полюсы обозначены через X_1, X_2, Z_1, Z_2 , линии управляющие настройкой - через $Y_c = U_c$ ($c = 1, 2, 3, 4$). В данном устройстве сигналы настройки в эти линии подаются с помощью горизонтального и вертикального рядов кнопок.

Для возбуждения реле P_1 подаются одновременно сигналы в линии Y_1 и Y_3 , для возбуждения P_2 - в линии Y_1 и Y_4 , для возбуждения P_3 - в линии Y_2 и Y_3 , для возбуждения P_4 - в линии Y_2 и Y_4 . В зависимости от того, в какой комбинации

Таблица I.

Код	K_2	K_I	K_0	Функциональный элемент	Соединительный элемент
0	0	0	0		
1	0	0	1		
2	0	1	0		
3	0	1	1		
4	1	0	0		
5	1	0	1		
6	1	1	0		
7	1	1	1		

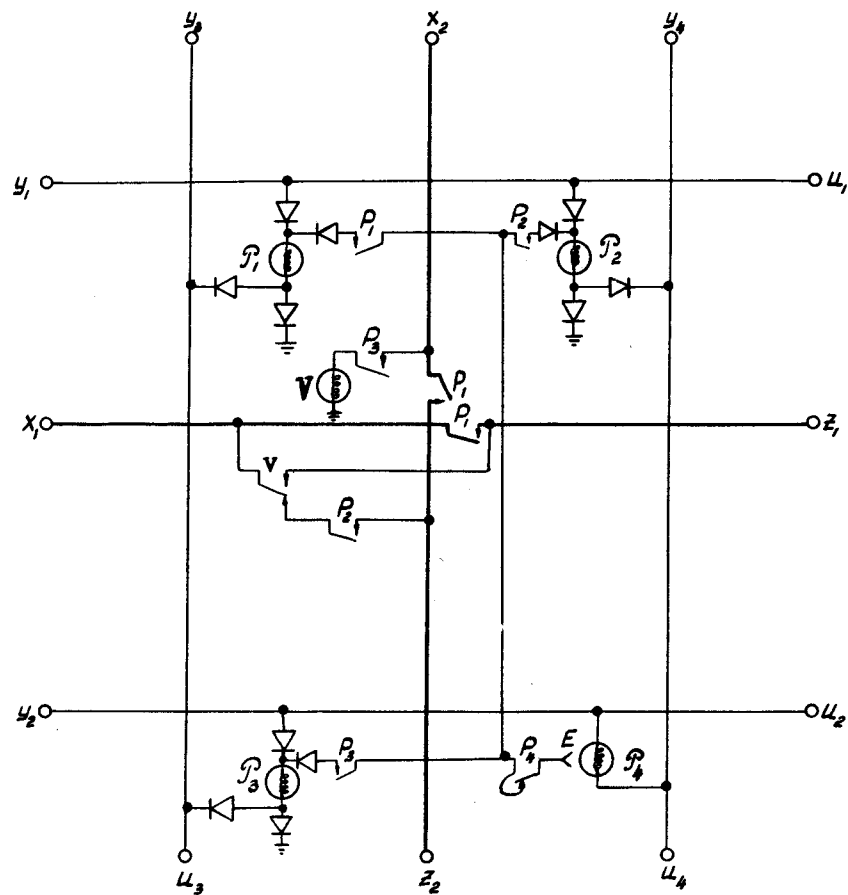


Рис. 6

возбуждены эти четыре реле, элемент среды будет выполнять те или иные функции (см. табл. II).

Задание состояния настройки осуществляется с помощью двух рядов кнопок, образующих координатную сетку 10×10 . Одновременное нажатие двух кнопок (одной - из горизонтального ряда, другой - из вертикального) соответствует возбуждению одного из 100 реле, управляющих настройкой. Настройка может быть задана матрицей 10×10 , каждый элемент которой равен 0 либо 1.

Рабочие сигналы подаются с помощью тумблеров, подключенных к рабочим полюсам X_1 элементов среды левой колонки и к полюсам X_2 элементов верхнего ряда.

Заметим, что в данном устройстве выводы, идущие к кнопкам и тумблерам, могут быть подключены к некоторому программному устройству (например управляющей вычислительной машине) либо к другому устройству ЛК-2.

Т а б л и ц а 2.

Решение некоторых простейших задач с помощью логического конструктора

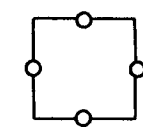
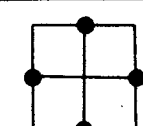
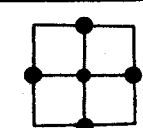
Как видно из описания конструкций ЛК-1 и ЛК-2, оба устройства обладают всеми свойствами вычислительной среды: однородностью, универсальностью и возможностью настройки на любую функцию из полного их набора. Настройка осуществляется в ЛК-1 вручную с помощью штеккеров; в ЛК-2 - как вручную с помощью кнопок и тумблеров, так и программно (при подключении к управляющей ЭВМ).

Указанные свойства, согласно [2], позволяют, в принципе, реализовать любой конечный автомат. Естественно, что с помощью участка вычислительной среды, состоящего из небольшого числа элементов, можно реализовать автоматы, решающие сравнительно простые задачи. В частности, была рассмотрена возможность моделирования на ЛК-1 и ЛК-2 логической машины "Минивак 60I" [3] и простейших обучающих машин [4].

Приведем в качестве иллюстрации решение с помощью ЛК-1а некоторых задач.

I. Решение простейших логических задач, приведенных в [3].

Машина "Минивак 60I" является учебным прибором, который используется при изучении элементов кибернетики, математической логики, вычислительной техники и ее применения.

	Выполняемая функция	Состояние реле			
		P_1	P_2	P_3	P_4
	Соединительные элементы:				
I		0	0	0	0
		P_1	P_2	P_3	1
2		1	0	0	0
3		1	1	0	0
4	Функциональный элемент	0	1	1	0

К машине прилагается учебное пособие, в котором изложение материала сопровождается иллюстративными задачами, решаемыми на машине. Рассмотрим решение некоторых задач, приведенных в указанном пособии, на ЛК-1а.

1а. "С в е т н а л е с т н и ц е". Задача заключается в том, чтобы любым из двух переключателей, расположенных на разных этажах, включать и выключать свет на лестнице. Соответствующая схема приведена на рис. 7. Настройка ЛК-1а на решение этой задачи описывается тремя первыми столбцами следующей матрицы.

	1	2	3	4	5	6
I	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	3
3	0	0	0	1	5	7
4	0	0	0	4	0	0
5	0	0	0	5	3	0
6	0	4	0	1	7	0
7	0	4	0	4	0	0
8	1	6	3	4	0	0
9	4	0*	4	4	0	0
10	4	4	4	4	0	0
11	5	7	7	4	0	0
12	0	0*	0	4	0	0
13	0	4	0	5	3	0
14	0	5	0	0	5	0
15	0	0	0	0	0	0

Роль осветительной лампочки выполняет индикационная лампочка функционального элемента (5.2), роль переключателей первого и второго этажей - контакты K_2 соединительных элементов (12,2) и (9,2). Лампочка горит только в том случае, если оба указанных контакта (служащие переключателями) либо замкнуты, либо разомкнуты.

1б. "О х р а н н а я с и г н а л и з а ц и я". Задача заключается в том, чтобы при нарушении цепи сигнализации включить сигнальную лампочку, которая не гасла бы при восстановлении цепи. Выключение этой лампочки производится специальным выключателем (рис. 8). Для описания охранной сигнализации также достаточно трех столбцов матрицы (4-го, 5-го и 6-го):

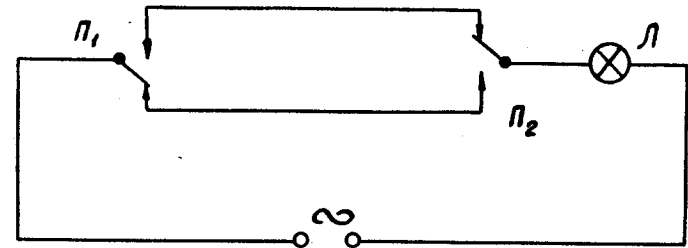


Рис. 7

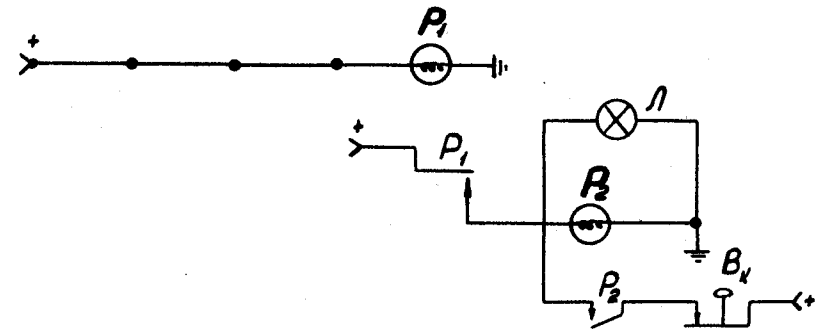


Рис. 8

Сигнальной лампочкой служит лампочка элемента (2,5). Выключателем сигнала тревоги служит контакт K_0 элемента (2,5). Реле P_1 и P_2 соответствуют элементам (2,5) и (5,5). Сигнальная цепь образована соединительными элементами (6,4)-(13,4).

2. Решение задач, выполняемых обучающими машинами типа "экзаменатор". Простейшая из обучающих машин типа "экзаменатор" ОМ-1, описанная в [4], может решать задачи следующего типа:

Дана экзаменационная карта с пятью вопросами. Экзаменуемый отвечает на них нажатием кнопок, которые соответствуют заданию двузначного десятичного числа, кодирующего ответ. Машина ОМ-1 выставляет оценку, соответствующую числу правильных ответов, и указывает номера неверных ответов.

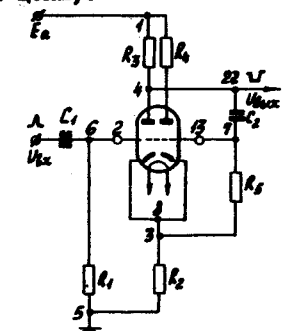
Рассмотрим реализацию на ЛК-1а примера карточки-программы, приведенной в табл. III (см. [4]).

Матрица настройки для данного примера имеет следующий вид:

	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0
2	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0	0	5	0
3	I	7	0	0	5	3	0	4	0	0	4	0	0	4	0
4	4	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0
5	4	0	0	0	0	4	I	6	0	0	4	3	0	4	3
6	4	0	0	0	0	4	4	5	3	I	7	4	0	4	4
7	4	0	0	0	0	4	4	0	4	4	0	4	0	4	4
8	4	0	0	0	0	4	4	0	4	4	0	4	0	5	4
9	4	0	0	0	0	4	4	0	4	4	0	4	0	0	4
10	4	0	0	0	0	4	4	0	4	4	0	4	0	0	4
11	4	0	0	0	0	4	4	0	4	4	0	4	0	0	4
12	4	0	0	0	0	4	5	3	4	4	3	4	0	0	4
13	4	0	0	0	0	4	0	7	4	0	4	4	0	0	4
14	4	0	0	0	0	4	4	0	4	0	5	6	0	0	4
15	5	3	0	0	I	6	4	3	6	0	4	0	0	I	6

Для каждого вопроса отведены три колонки, указанные в табл. III. Индикацией правильного ответа является загорание лам-

Таблица 3.

№ пп.	Вопросы	Ответы	Шифр	Колонка
1	Нарушится ли резонанс в контуре при изменении частоты?	Да Нет	10 ^{НЕ} 01	1 3
2	Какой резонанс устанавливается в контуре с параллельным включением емкости и индуктивности?	Резонанс токов Резонанс напряжения	01 ^{НЕ} 10	6 4
3	От чего зависит сопротивление конденсатора по переменному току?	1. От величины напряжения сети 2. От частоты 3. От величины емкости	01 10 ^{НЕ} 30 ^{НЕ}	9 7 7
4	Показать цепь заряда конденсатора C_2 на рис. 3 (ответ указать суммой чисел, находящихся в узлах цепи).			
			42 ^{НЕ}	10, 12
5	Параллельная цепь составлена из трех сопротивлений: $R_1 = 2\text{ом}$, $R_2 = 3\text{ом}$, $R_3 = 6\text{ом}$. Чему равно R общее?		01 ^{НЕ}	15

почек в функциональных элементах, находящихся в верхнем ряду и отмеченных кружочком в матрице. Оценка определяется по числу горящих лампочек. Звездочкой отмечены элементы, замыкание контактов K_0 , которых служит для задания ответов. Двумя звездочками отмечены элементы, замыкание контактов K_0 , которых соответствует правильным ответам.

При использовании ЛК-1а в качестве обучающей машины предполагается, что преподаватель сперва производит настройку согласно соответствующей матрице. Для этого на участок среды накладывается перфокарта, пробитые отверстия которой соответствуют данной матрице настройки. После того, как во все отверстия вставлены штекеры, накладывается вторая перфокарта, у которой отверстия соответствуют контактам K_0 элементов, отмеченных звездочками. Настройка ЛК-1 на работу в качестве обучающей машины указанного типа занимает 1-2 минуты.

Таким образом, вычислительная среда может представлять практический интерес и как основа для создания простейших машин типа "Минивак 601" или обучающих машин.

Л и т е р а т у р а

1. Евреинов Э.В. О микроструктуре элементарных машин вычислительной системы. Сб. "Вычислительные системы", вып.4, 3-28, 1962 г., Новосибирск.
2. Евреинов Э.В. Теоретические основы построения универсальных вычислительных сред (См. настоящий сборник).
3. Minivac 601, Watertown Mass., Scientific Development corporation, 1961.
4. Шишонко Н.А., Черногор Ф.И. Кибернетические машины типа "Экзаменатор". В сб. "Программированное обучение и кибернетические обучающие машины", М., Советское радио, 1963, 51-83.