

## К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ РАБОТ НА ЭЦМ

*Ю.В. Гайкович, Г.А. Миронов*  
(Москва)

### 1. Организация профилактических работ и необходимость их автоматизации

Повышение производительности электронных цифровых машин (ЭЦМ) остается актуальной проблемой в области электронной вычислительной техники. Если раньше повышение производительности достигалось в основном за счет разработки новых элементов, обеспечивающих повышение быстродействия устройств или отдельных блоков ЭЦМ, то в последние годы большое значение приобрело направление разработки способов соединения устройств, блоков и ЭЦМ в вычислительные системы, обладающие высокой производительностью. При этом получили большое развитие управляющие программы различных типов, которые позволяют рационально распределить работу между устройствами или ЭЦМ, входящими в систему.

Кроме организации решения потока задач, подобные управляющие программы выполняют ряд функций, обеспечивающих наименьшие (в пределе) потери времени на ремонт вычислительных систем. Среди таких функций можно отметить следующие: автоматическое устранение случайного сбоя, обнаруженного схемным контролем или при выполнении двойного счета; автоматическое определение места неисправного элемента при наличии отказа,

определяемого схемным контролем, отключение неисправных блоков или устройств для ремонта с организацией решения на исправной части системы и, наконец, организация периодической профилактической проверки всех устройств и блоков, составляющих систему.

Остановимся подробнее на последней из перечисленных функций. Периодическая профилактическая проверка устройства используется для своевременного обнаружения и замены элементов, имеющих параметры, близкие к предельным, и также (если система не имеет схемного контроля) — для обнаружения неисправностей, возникающих в системе. Такие профилактические проверки производятся, обычно, следующим образом:

Система подвергается испытаниям с помощью специальных испытательных программ (ИП) в утяжеленных режимах её работы. При этом обычно, в силу сложности системы, последовательно выполняются испытательные программы, проверки всех устройств машины во всех утяжеленных (профилактических) режимах работы, предусмотренных в каждом из этих устройств.

Упомянутые режимы профилактического контроля широко применялись и в выпускавшихся ранее ЭЦМ, еще до появления вычислительных систем. Однако автоматизация управления включением этих режимов не производилась. Основными причинами этого являлись невысокая производительность ЭЦМ, при которой затраты на дополнительное оборудование могли дать сравнительно небольшой эффект, а также сложившиеся режимы эксплуатации ЭЦМ, при которых всякого рода вспомогательные переключения выполнялись вручную лицами, обслуживающими ЭЦМ.

При ручном управлении режимами профилактического контроля неизбежны существенные потери времени, так как либо (при отсутствии сигналов оператору для синхронизации переключений) необходимо выполнять переключения через интервал времени, вдвое превышающий время выполнения испытательной программы, либо (при наличии сигналов) возникает потеря на время переключения. Потери времени в зависимости от конструкции устройств и организации системы испытательных программ могут быть значительными.

Если устройство, для контроля которого имеется испытательная программа с временем выполнения  $T_0$ , имеет  $Q$  переключателей (участков) профконтроля  $[I]$ , то общее время его проверки  $T$  выражается формулой:

$$T \geq QT_0 \quad (I)$$

Для ручных методов управления машиной всегда имеет место  $T > Q T_0$  или даже  $T > Q T_0$ .

Если учесть, что для контроля ЭЦМ применяется система ИП, состоящая из нескольких ИП (5-6), то становится очевидным, что время, расходуемое только на контроль машины, получается довольно большим.

В качестве реальной системы, использующей вышеизложенную методику контроля, рассматривается система контроля ЭЦМ "Урал-4" ("Урал-2"). Система контроля и устройство автоматизации процесса контроля подробно рассмотрены в [ 2 ]. Остановимся кратко на возможностях устройства автоматизации проведения профилактического контроля (АПК).

## 2. Устройство автоматизации профилактического контроля (АПК)

Для автоматизации контроля ЭЦМ выполнена система, состоящая из следующих элементов:

1. Специального устройства (устройство автоматического контроля - АПК), с помощью которого по команде из машины можно изменять питающее напряжение (напряжение смещения) на участках схем;

2. Набора программ, с помощью которых возможно управлять всем ходом контроля машины (изменение питающего напряжения по некоторому закону и т.д.)

Блок-схема устройства приведена на рис.1. Устройство состоит из следующих блоков:

- блок выбора номера участка ПК;
- блок запоминания номера участка ПК,
- блок преобразования "код-напряжение",
- блок синхронизации,
- блок питания.

Блок выбора номера участка ПК предназначен для приема и расшифровки номера участка ПК, поступающего в виде двоичного кода из устройства управления машины по специальной команде. Все участки ПК пронумерованы.

Блок запоминания номера выбранного участка ПК осуществляет переключение питания выбранного участка ПК на блок преобразования устройства АПК.

Блок выбора номера участка ПК имеет регистр номера участка ПК, который управляет схемой релейного дешифратора на 64 выхода. Каждому из этих выходов присвоен номер, соответствующий

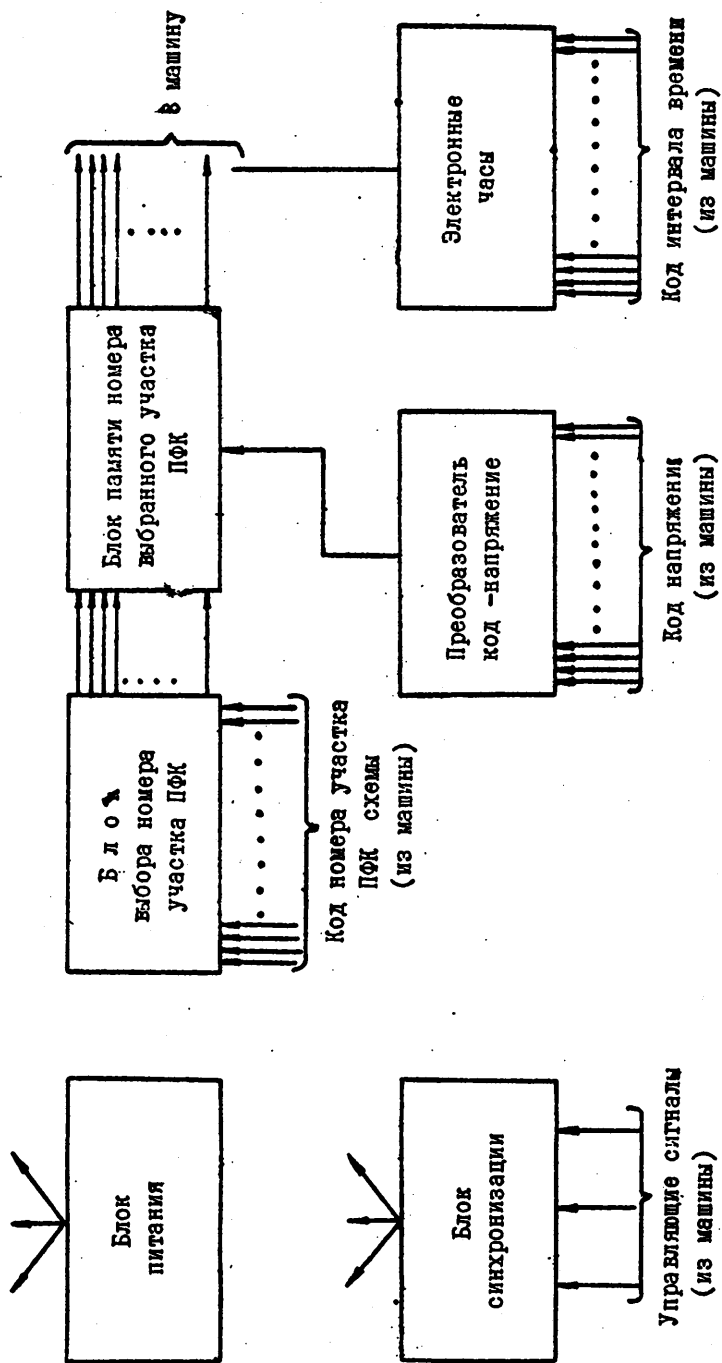


Рис. 1. Блок-схема устройства автоматизации  
профилактических работ

Для программного управления устройством АПК используются команды с кодом операции  $\Theta = 3I^*$ . Распределение разрядов для команд с  $\Theta = 3I$  показано на рис.2. На этом рисунке  $\tau_1$  и  $\tau_2$

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$\tau_1$	$\Theta$						$\Lambda$						$B$						$\tau_2$

Выполняются те же действия, что и в пункте а, за исключением того, что все реле блока запоминания номера ключа ПФК остаются в том же состоянии, какое было до выполнения команды, за исключением реле соответствующего значению В, которое, как и в пункте а, включается.

в) при  $A \neq 0$ ;  $B = 0$ ;  $\tau_2 = 0$ ; или  $\tau_2 = 4$ .

Блок синхронизации сбрасывает содержимое регистра блока преобразования "код-напряжение" и затем заносит на него значение А. Блок преобразования подает на все участки ПФК, имеющие включенные реле, напряжение, соответствующее значению А.

Регистр и реле блока запоминания номера участка ПФК остаются в том же состоянии, которое имело место до выполнения команды.

Операция  $\Theta = 3I$  выполняется примерно за 40,0 мсек. За это время обрабатываются все переходные процессы в релейных цепях. На это время обращение к устройству блокируется.

### 3. Краткое описание блоков устройства АПФК.

Все блоки устройства АПФК выполнены на полупроводниковых приборах.

Перепись значений А и В с регистра команд на соответствующие регистры АПФК производится через вентили, управляемые кодом операции  $\Theta = 3I$  и комбинацией значений  $\tau_2$ , А, В. Эти вентили одновременно являются согласующими элементами между ламповыми схемами машины и устройствами АПФК, выполненными на полупроводниковых приборах. При согласовании используется связь импульсного типа — через дифференцирующий трансформатор.

Блок выбора номера состоит из шестirazрядного регистра (принимает значение А) и дешифратора пирамидального типа.

Блок запоминания номера участка ПФК собран из реле типа РКН с переключением без разрыва цепи. Это устраняет опасность того, что на время переключения участка ПФК останется без питающего напряжения. Состояние каждого из реле ("включено" или "выключено") выведено на специальную лампочку индикаторной панели ПФК.

Блок преобразования состоит из следующих частей:

- шестirazрядный регистр, связанный через входные вентили с 8-12 разрядами  $P_r K$ ;
- декодирующая схема, собранная на сопротивлениях в коллекторных цепях токовых ключей [3];

← мощный усилитель постоянного тока.

Диапазон изменения напряжения на выходе усилителя постоянного тока составляет  $-112\text{в} - -190,5\text{в}$ . Весь диапазон разбит на 63 ступени. "Цена" каждой ступени составляет  $1,25\text{в}$ . Если  $n$  - номер ступени, то напряжение на выходе определяется соотношением

$$U_{\text{вых}} = -1,25(89,4 + n). \quad (3)$$

Декодирующая схема и её работа мало чем отличается от описанных ранее в литературе схем.

Интерес представляет схема мощного усилителя постоянного тока, выполненного на полупроводниковых элементах. В процессе разработки к нему было предъявлено следующее требование:

зависимость  $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$  должна быть линейной на интервале ( $U_{\text{вх}} = -110\text{в}$ ) - ( $U_{\text{вх}} = -190\text{в}$ ) при токе нагрузки до 4 ампер.

Выходной мощный усилитель постоянного тока имеет специальный источник стабилизированного питания и состоит из согласующей схемы эмиттерных повторителей и самой схемы усилителя.

#### 4. Использование электронных часов и долговременного запоминающего устройства (ДЗУ) для работы с устройством АПФК

Опыт эксплуатации устройства показал, что использование устройства АПФК значительно облегчает эксплуатацию машины. Однако это устройство не может полностью обеспечить автоматическое снятие граничных пределов изменения напряжения смещения на участках ПФК. В машине имеются такие участки ПФК, что определение предела изменения напряжения смещения на них неизменно ведет к искажению программы и появлению ненормального режима работы машины ("останов" и "групповая операция"; нет ни пуска, ни останова; имеет место только один режим автономной работы арифметического устройства и т.д.). В этих случаях восстановить режим работы машины и программу может только оператор.

Чтобы повысить надежность выполнения испытательных программ (I), в схему машины был введен дополнительный блок электронных часов и ДЗУ. Этот блок предназначен как для полной автоматизации контроля с помощью АПФК, так и может быть использован

для любых других целей по усмотрению программиста.

Блок электронных часов состоит из 4-х схем:

1. Генератора временных меток с изменяемым периодом следования;
2. Счетчик-регистр с входными вентилями;
3. Управляющая микропрограмма;
4. Схема синхронизации.

Генератор временных меток предназначен для генерирования импульсных сигналов с периодами повторения  $T_1 = 0,1$  сек. или  $T_2 = 1,0$  сек. Период повторения задается с помощью одного двоичного разряда по команде из машины.

Счетчик-регистр с входными вентилями предназначен для приема числового кода времени, заносимого по команде из машины и пересчета импульсных сигналов от генератора временных меток. Управляющая микропрограмма представляет собой схему, которая под действием выходного сигнала со счетчика-регистра вырабатывает определенную последовательность сигналов и команд, с помощью которых происходит вызов испытательной программы.

Блок электронных часов работает следующим образом.

Перед работой испытательной программы на счетчик-регистр заносится в числовом виде интервал времени, равный длительности прохождения этой программы. Затем управление передается к началу ИП, а счетчик-регистр включается в режим пересчета сигналов от генератора времени. Если к концу заданного интервала времени ИП по каким-либо причинам не закончится, то срабатывает управляющая схема, которая выполняет следующие действия:

1. Устанавливает машину в состояние "останов".
2. Устанавливает в положение "номинал" (-140в) устройство АПФК.
3. Производит ряд вспомогательных действий, предназначенных для подготовки машины для работ с программой из ДЗУ.
4. Производит перепись программы из ДЗУ в ОЗУ.
5. Производит передачу управления к первой команде программы, переписанной из ДЗУ.

С помощью данной программы производится входение в основной цикл системы программы управления (см. ниже).

Конструктивно ДЗУ выполнено таким образом, что имеется возможность смены программы. Емкость ДЗУ - 16 (десятичных) двадцатиразрядных ячеек.



## 5. Комплекс обслуживающих программ

Все участки ПФК машины и все частные испытательные программы (каждая для проверки одного из устройств машины) пронумерованы.

Работа ЧИП сопровождается автоматическим изменением напряжений смещения по участкам ПФК. На каждом участке напряжение меняется ступенчато. Число ступеней и диапазон изменения напряжений в пределах ступени зависит от режима работы с ЧИП.

Различают три режима работы с выбранной ЧИП:

- а) режим профилактического контроля,
- б) режим оперативного контроля,
- в) режим исследований.

### Режим профилактического контроля

Данный режим, в основном, используется при проведении профилактических работ. Оператор задает начальную информацию, которая содержит номер ЧИП и количество пределов на всех участках ПФК. В соответствии с номером ЧИП оказываются заданными начальные и конечные номера участков ПФК, следовательно, и проверяемые устройства. При этом определяются диапазоны изменения напряжения на всех заданных пределах на выбранных участках ПФК. Переход к следующему участку производится после проверки всех заданных пределов участка.

### Оперативный контроль

Данный режим контроля используется при поиске неисправности. Для оптимизации поиска участка ПФК, с которым связан ненадежно работающий элемент, применяется специальный прием. На основе статистической обработки результатов эксплуатации ЭЦМ "Урал-2" по каждому устройству машины составлены таблицы "надежности" участков ПФК. Участки ПФК устройств располагаются в порядке возрастания надежности их работы (табл. I). Именно в таком порядке и производится выбор участков ПФК. В таблице I статистические данные набраны только для устройств ОЗУ, АУ, УУ и НМБ, для остальных устройств расстановка номеров участков сделана теоретическим расчетом, исходя из количества на каждом участке ламп,  $\lambda$  - характеристик и простейшего потока от-

казов [4]. Очевидно, при накоплении статистических данных номера проверяемых участков можно расставить более рационально.

Т а б л и ц а I

Статистическое распределение (в порядке возрастания надежности) участков ПФК машины.

Номера участков профконтроля																		
ОЗУ	14	05	20	13	21	01	06	04	03	02	17	16	15	12	07	10	11	
АУ	37	36	35	22	30	33	32	23	25	24	26	27	31	34	40	-	-	
УУ	41	42	44	45	43	47	51	50	46	-	-	-	-	-	-	-	-	
НМБ	64	62	65	66	63	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
НМЛ	67	72	71	73	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
АЦПУ	55	53	52	57	54	60	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Вых. К	74	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Вх. К	77	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

#### Режим исследований

Режим профилактического и оперативного контроля не позволяет осуществлять следующие требования, необходимые при профилактиках:

а) Определение пределов изменения напряжения на участке ПФК некоторого устройства при работе ЧИП, не связанного с данным участком (например, определить пределы изменения на участках ОЗУ при выполнении ИП АУ-УУ), Такой режим необходим при поиске неисправностей на стыках устройств;

б) Возможность изменения порядка следования ЧИП и контрольных задач при общей проверке машины;

в) Возможность изменять метод поиска устойчивого предела участка ПФК (о методе поиска устойчивого предела будет сказано ниже).

Перечисленным требованиям удовлетворяет режим исследований. Необходимая для этого режима информация задается оператором через специальную обслуживающую программу.

## Поиск устойчивого предела изменения на выбранном участке ПФК

Сравнительно "низкая" цена" каждой ступени изменения напряжения в устройстве АПФК (I,25в) обеспечивает значительную точность определения устойчивого предела. Однако, время определения этого предела становится неприемлемо большим.

Было проанализировано 3 способа отыскания устойчивого предела.:

1. Последовательный способ (последовательный переход от  $j$  к  $j+1$  ступени).

2. Способ половинного деления.

3. Статистический способ.

На основе анализа достоинств и недостатков этих способов (простота, время определения предела и т.д.) был выбран третий способ, обеспечивающий наименьшее время определения предела при сравнительной простоте реализации.

Для реализации данного способа по данным пятилетней эксплуатации была получена статистика устойчивых пределов на участках ПФК. На основе этой статистики были выбраны наиболее устойчивые значения напряжения на каждом из участков ПФК (так называемые начальные скачки). Поэтому, процесс определения устойчивого предела на выбранном участке ПФК протекает за 2-3 испытания (начальный скачок - плюс-минус одна ступень от устойчивого предела).

### Представление начальной информации

К начальной информации относится:

1. Указание режима профконтроля (профилактический, оперативный, исследовательский).

2. Нумерация пределов на участках ПФК (первый - верхний, второй - нижний или наоборот):

3. Номер устройства, откуда необходимо вводить ЧИП;

4. Необходимо ли производить общее изменение напряжения (ОН) для групп участков ПФК, выбранной УИП;

5. Номер регистрирующего устройства, на которое необходимо выдать результаты ПФК (АЦПУ, телетайп и т.д.).

Для задания начальной информации используется неполная (двадцатиградусная) ячейка Интерпретация разрядов ячейки представлена таблицей 2.

Т а б л и ц а 2

Шкала-задание начальной информации

номер разряда	Значение в разрядах	Содержание информации
0	0	первый (по счету) предел ОИ* не снят
	I	первый (по счету) предел ОИ снят
1	0	на всех участках ПФК снимать оба предела
	I	на всех участках ПФК снимать один предел
2	0	первый для снятия предел - верхний
	I	первый для снятия предел - нижний
3	00	режим профилактического контроля
4	01	режим исследований
	10	режим оперативного контроля
	11	не используется (запас)
5	0	порядок следования ИП - стандартный
	I	порядок следования ИП необходимо изменить
6	0	текущий предел при снятии - первый
	I	текущий предел при снятии - второй
7	0	ОИ для данной ИП необходимо произвести
	I	ОИ для данной ИП не производить
8	0	выходное печатающее устройство - теле- тайп
	I	выходное печатающее устройство - АЦПУ
9	0	обращение к АПФК (для выбранного ключа) по начальному скачку было.
	I	обращение к АПФК по начальному скачку не было
10	00	ЧИП вводить из ИМБ
	01	ЧИП вводить из ИМД
11	10	ЧИП вводить из ИМД
	11	не используется (запас)
12	0	определение пределов на участках ПФК для данной ЧИП не окончено
	I	определение пределов на всех участках ПФК закончено

\*) ОИ - общее изменение напряжений на всех участках.

13	0	ОИ для выбранной ЧИП не произведено
	1	ОИ для выбранной ЧИП произведено
14	0	ОИ для выбранной ЧИП производить по старым начальным скачкам.
	1	ОИ производить по новым начальным скачкам.
15	0000	не используется (запас)
	0001	номер ИП ОЗУ
16	0010	номер ИП АУ - УУ
	0011	номер контрольной задачи (задача № 7)
17	0100	номер ИП ЕЛБ
	0101	номер ИП ЕЛЛ
18	0110	номер ИП АЦПУ
	0111	не используется (запас)
19	1000	не используется (запас)
	1001	не используется (запас)
17	1010	не используется (запас)
	1011	не используется (запас)
18	1100	не используется (запас)
	1101	не используется (запас)
18	1110	не используется (запас)
	1111	не используется (запас)
19	0	далее процесс определения пределов не продолжать - конец.
	1	по окончании определения пределов перейти к следующему ЧИП.

Разряды 1,2,3,4,5,7,10,11,14,15,16,17,18,19 используются для задания начальной информации. Разряды 0,6,8,9,12,13 используются для запоминания промежуточной информации при работе программ № 1,2 и подпрограмм управления. Начальная информация в эти разряды оператором не заносится.

Заполненная ячейка (рис.3) называется шкалой-заданием.

#### Организация комплекса программ

Весь комплекс программ, состоящий из 4-х программ, условно можно разделить на программы 2-х типов:

1. Обслуживающие программы.

2. Программы управления.

Возможны две схемы работы программы, которые показаны на

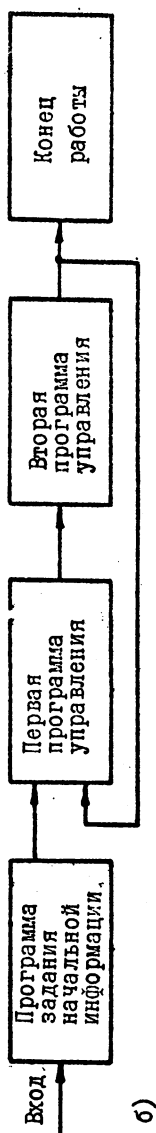
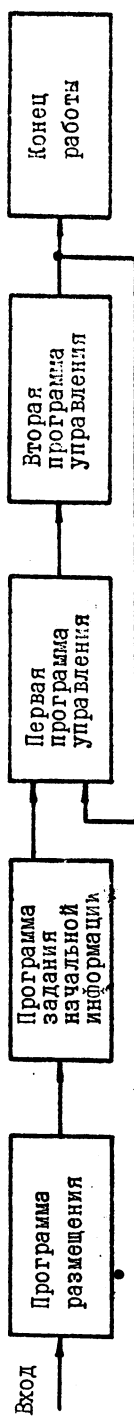


Рис. 3. Схема работы комплекса программ

рис.3. Первая схема (3а) используется при первоначальном вводе в память машины всего комплекса программ. Вторая схема (3б) используется тогда, когда программы комплекса уже записаны в память (НМБ, НМЛ) машины. Рассмотрим подробнее оба типа программ.

### Обслуживающие программы

К обслуживающим программам относятся программы размещения и задания начальной информации всему комплексу программ.

Программа размещения выполняет:

1. Подготовку рабочего поля в НМБ и НМЛ для работы программы управления.
  2. Ввод, кодирование и запись в НМБ и НМЛ программ управления.
  3. Ввод и запись в НМБ или НМЛ всей системы ИП машины.
  4. Выдачу на АЦПУ адресов НМБ, в которых располагаются программы управления для набора специальной подпрограммы в ДЗУ.
- Исходными данными для программы размещения являются:

1. Начальный адрес в НМБ.
2. Начальный адрес зоны в НМЛ.
3. Количество подпрограмм управления. Подпрограмма № 4 состоит из отдельных подпрограмм, о чем будет сказано ниже.

Через программу задания начальной информации вводятся исходные данные для всего комплекса программ. Помимо информации, задаваемой в виде шкалы, для работы программы задания начальной информации вводится:

1. Дата проведения испытания - число месяца, месяц, год.
2. Число шкал - заданий.
3. При задании исследовательского режима контроля производится занесение после довательности участков ПФК, для которых необходим контроль.

Программа задания начальной информации является связующей по исходным данным между оператором и программами управления. К программам управления относятся две программы.

Первая программа управления осуществляет:

1. Переход от  $i$  к  $i + 1$  ЧИП ( $i = 1, 2, \dots, n$  - где  $n$  - число заданных шкал-заданий).
2. Вызов ЧИП, вызов специальной сбойной подпрограммы.
3. Запись в НМЛ таблицы со всеми определенными пределами участков ПФК.

4. Печать на выбранном печатающем устройстве АЦПУ или ПЧУ таблицы определенных пределов.

При переходе от  $i$  к  $i + 1$  ЧИП программа очищает рабочее поле в МИБ для работы следующей (второй) программы управления.

Вторая программа управления осуществляет:

1. Определение устойчивого предела на выбранном участке ПФК.

2. Переход от  $1$  к  $1 + 1$  участку ПФК ( $1 = 1, 2, \dots, m$ , где  $m$  - число участков ПФК в данном устройстве).

3. Распределение общего изменения напряжения (ОИ) для группы участков ПФК.

4. Восстановление хода процесса при сбое и т.д.

Все подпрограммы пронумерованы и связаны в общую программу. Отдельные подпрограммы реализуют некоторые частные алгоритмы, которые связываются в общий алгоритм программой диспетчером, находящейся в ОЗУ (при выполнении любой ЧИП) и занимающей ячейки 7700-7777.

## ВЫВОДЫ

Введение в состав ЭЦМ дополнительного устройства позволяет автоматизировать профилактический контроль машины, что повышает эффективность ЭЦМ благодаря уменьшению времени на переключение ключей участков ПФК и соблюдению строгой последовательности проверки.

В таблице 3 приведены сравнительные данные о времени определения допустимых пределов изменения для некоторых испытательных программ.

Т а б л и ц а 3

Время определения допустимых пределов изменения напряжений

Испытательная программа	Ручное управление	Управление с помощью АПФК
ИПОЗУ ИП АУ - УУ	2-2,5 часа 35 мин.	1,15 часа 7-8 мин.



Хотя для других испытательных программ хронометраж не производился, практика показывает, что время выполнения профилактических работ с устройством АПФК сокращается не менее, чем в два раза.

Автоматическое управление изменением напряжения на участках ПФК дает возможность автоматизировать определение последовательностей команд (чисел), создающих тяжелые режимы работы ЭЦМ. Изучение этих последовательностей и включение наиболее характерных из них в ИП повышает эффективность контроля ЭЦМ.

Автоматическое управление изменением напряжения на участках ПФК при соответствующем изменении ИП позволяет получать дополнительную информацию о месте неисправности для диагностических программ, а также повышает надежность ИП.

Выбор (автоматический) примеров ИП, на которых фиксируется сбой, ввод их в ОЗУ и зацикливание существенным образом облегчит работу обслуживающего персонала при поиске неисправности.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Г.А. Миронов. Испытательные программы для контроля электронных цифровых машин, "Наука", 1964.
2. Ю.В. Гайкович, Б.Г. Гусаков, А.Я. Каменир, Г.А. Миронов. Устройство автоматизации профилактических работ.- Цифровая вычислительная техника и программирование, 1967, № 3.
3. Э.И. Гитис. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.
4. М.М. Ластовченко. Методы обеспечения эксплуатационной надежности сложных систем. Труды КВИРТУ, № 84, 1963.