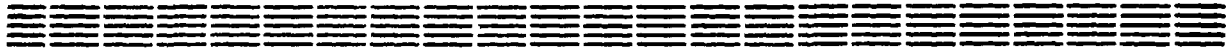


117 20/43

Препринт **ФФН-1255(4I)-90**

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



В. М. ДИКИЙ, Г. Д. НЕКИПЕЛОВА, В. В. ШАХБАЗЯН,
В. Д. ЮРПАЛОВ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА-60",
ВСТРОЕННОЙ В АППАРАТУРУ УПРАВЛЕНИЯ,
ПРОСМОТРОВО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРОЕКТОРОМ ПУОС-4

ЦНИИАтоминформ
ЕРЕВАН-1990

Նախնաորդ ԵՖԻ-1255(41)-90

Վ.Մ.ԴԻԿԻ*, Վ.Դ.ՅՈՒՐՊԱԼՈՎ*, Գ.Դ.ՆԵԿԻՊԵԼՈՎԱ*,

Վ.Վ.ՇԱՀԲԱՋՅԱՆ

ԴԻՏԱ-2ԱՓԻ2 ПУОС-4 ՊՐՈՑԵԿՏՈՐԻ ՂԵԿԱՎԱՐՄԱՆ ՍԱՐ-
ՔԱՎՈՐՈՒՄՈՒՄ ՆԵՐԴՐՎԱԾ ,, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ-60,, ՄԻԿՐՈ-
ԷԼՄ-Ի ԵՐԱԳՐԱՑԻՆ ԱՊԱՀՈՎՈՒՄԸ

Քննարկված են ղիտա-չափիչ ПУОС-4 պրոյեկտորների ֆունկցիոնալ սարքերի /չափիչ կառքի, ժապավենաքարշ մեխանիզմի և ալլն/ օժանդակ-չարժաքերների ղեկավարող ծրագրերի/դրայվերների/ խնդիրները, կառուցվածքը և իրագործման հարցերը՝ Ֆիլմային ինֆորմացիայի նախնական մը-չակման բազմամեքենա համակարգում աշխատող ներդրված ,, ԷԼ Եկտրոնիկա-60,, միկրո-էլՄ-երի վրա: Գնահատված են աշխատածամանակի խիստ ռե-ժիմով աշխատող սարքերի դրայվերների իրագործման պայմանները RTM60 իրական ժամանակի մոնիտորի օգտագործման ղեպքում: Քննարկվում են նաև պրոյեկտորի փորձնական ապահովման խնդիրները:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1990

Բարձր էներգիաների Ֆիզիկայի ինստիտուտ, Սերգոյեվով



Центральный научно-исследовательский институт информации
и телекоммуникационных исследований по атомной науке
и технике (ИИИМатеминформ) 1990 г.

Препринт ЕФИ-1255(4I)-90

В.М. ДИКИЙ^{*}, Г.Д. НЕКИПЕЛОВА^{*}, В.В. ШАХБАЗЯН,
В.Д. ЮРПАЛОВ^{*}

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА-60",
ВСТРОЕННОЙ В АППАРАТУРУ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОСМОТРОВО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРОЕКТОРОМ ПУОС-4

В работе рассмотрены задачи, структура и вопросы реализации драйверов сервоприводов функциональных устройств просмотро-измерительных проекторов ПУОС-4 (измерительной каретки, лентопротяжного механизма и т.д.) на встроенных микроЭВМ "Электроника-60", работающих в многомашинном комплексе первичной обработки фильмовой информации. Приводится оценка условий реализуемости драйверов устройств с жестким режимом работы при использовании монитора реального времени RTM60. В работе обсуждаются также проблемы тестового обеспечения проектора.

Ереванский физический институт
Ереван 1990

* Институт физики высоких энергий, г.Серпухов

V.M.DIKIJ*, G.D.NEKIPELOVA*, V.V.SHAHBAZIAN, V.D.YURPALOV*

SOFTWARE OF MICROCOMPUTER "ELEKTRONIKA-60" INSTALLED IN THE
CONTROL SYSTEM OF THE MEASURING PROJECTOR PUOS-4

The tasks, structure and aspects of realization of servodrivers of the measuring projector PUOS-4 (measuring carriage, tape transport, etc.) on the installed microcomputer "Elektronika-60" operating in the multimachine system of preprocessing of film information are considered. Realizability of drivers is estimated under rigid operation conditions using real time monitor RTM60. The problem of the projector testing is also considered in this work.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1990

* Institute of High Energy Physics, Serpukhov

Введение

Включение мини-(микро)ЭВМ (МЭВМ) в контур управления проекторно-измерительными проекторами, применяемыми в автоматизированных системах первичной обработки фильмовой информации (АСПОФИ) РТФАС [1], МАСИС Ерфи [2], НИИЯФ МГУ [3], дает возможность упростить аппаратуру управления проектора за счет перераспределения функций между аппаратурой и программным обеспечением (ПО) МЭВМ.

Функциональное назначение устройств проектора ПУОС-4 и аппаратуры управления в АСПОФИ изложено в работах [2,4,5]. Разработанная унифицированная электроника управления проекторами в АСПОФИ обеспечивает лишь непосредственный доступ программ МЭВМ к исполнительным механизмам и датчикам устройств проектора. Задача собственно управления функциональными устройствами проектора как внешними устройствами МЭВМ решается в драйверах МЭВМ [6].

В данной работе рассматриваются вопросы реализации драйверов на микроЭВМ "Электроника-60" (Э-60) с учетом особенностей аппаратуры управления и операционного окружения, характерных для

систем МАСИС ЕРФИ, НИИЯФ МГУ.

В работе также приводится оценка условий реализуемости драйверов устройств проектора с жестким ритмом работы, обсуждаются вопросы создания на МЭВМ Э-60 специализированного тестового обеспечения проектора, позволяющего проводить как проверку работоспособности аппаратуры управления, так и отладку драйверов.

1. Драйверы сервоприводов проектора ПУОС-4

ПО МЭВМ Э-60, встроенной в аппаратуру управления проектором ПУОС-4, имеет двухуровневую структуру [6] :

- нижний уровень - программная часть подсистемы локального управления проектором (драйверы устройств проектора);
- верхний уровень - управляющая программа (УПП), организующая требуемый режим работы проектора и, при необходимости, взаимодействие драйверов (системообразующая функция ПО МЭВМ).

При тестировании устройств и отладке драйверов верхний уровень ПО МЭВМ Э-60 проектора представляется УПП комплексного тестирования сервоприводов (см. п.3.2). При работе проектора в комплексе с центральной ЭВМ (ЦЭВМ) УПП входит в технологический уровень АСПОФИ и выполняет часть функций первичной обработки фильмовой информации [1-3] .

1.1. Структура подсистемы локального управления проектором

В системах проектора ПУОС-4 (измерительная, проекционная, система перемотки пленки) с точки зрения управления можно выделить функциональные устройства, оснащенные серводвигателями ,

электромагнитами (релейными устройствами), датчиками перемещений и состояний, сигнальными и аварийными концевыми переключателями [4]. Такими устройствами являются: X - каретка; Y - каретка с двумя объективами; YC - каретка с двумя осветителями; блок смены увеличения (15^x и 67^x); 4 канала лентопротяжного механизма (ЛПМ); одна прижимная рамка в системе перемотки пленки. Устройствами управления проектором являются трекбол и алфавитно-цифровой дисплей (АЦД).

Реализация драйверов на уровне этих устройств (в большинстве своем тривиальных) приводит к увеличению "накладных расходов" при организации их взаимодействия через УПП. В то же время, связи между большинством устройств однозначно определены конструкцией проектора и алгоритмами первичной обработки.

Так, отсутствие механической связи между Y и YC - каретками ставит задачу непрерывного отслеживания положения YC - каретки по положению Y - каретки. Кроме того, поскольку проекционная система имеет один канал со сменным увеличением, а получение нужного увеличения достигается введением в канал одного из двух объективов (Y - каретки) и включением нужного осветителя, то положение YC - каретки определяется не только положением Y - каретки, но и выбранным увеличением. Управление X, Y, YC - каретками естественно осуществлять в одном драйвере, возложив на него также функцию контроля за состояниями осветителя, а включение нужного осветителя производится в программе верхнего уровня ПО МЭВМ.

Следует также отметить, что при первичной обработке filmовой информации измерительные каретки и ЛПМ не могут работать параллельно, но при работе с каретками необходимо создать рав-

номерное натяжение пленки в каналах ЛПМ. Трекбол как устройство ручного управления может быть использован не только для управления измерительными каретками, но и для корректировки положения пленки.

Таким образом, для управления всеми функциональными устройствами проектора ПУОС-4 в сущности необходимо два драйвера - кареток и ЛПМ.

К подсистеме локального управления проектором относятся также терминальные устройства проектора (АЦД, телетайпная линия связи (ТЛС) с ЦЭВМ ДЭС -10, БЭСМ-6 или ЕС-1045), их интерфейсы и драйверы.

1.2 Задачи драйверов сервоприводов

Электроника управления проектором обеспечивает реверсивный счет импульсных сигналов с растровых/угловых датчиков, преобразование кода, генерируемого драйвером, в длительность импульса для управления двигателями сервосистем, а также формирование статусных сигналов и управление релейными устройствами. Задачей драйвера сервопривода является вычисление управляющих кодов для перемещения объекта управления в требуемое положение, их выдача в электронику управления в моменты времени, согласованные с прерываниями с данного объекта, а также контроль работоспособности функциональных устройств проектора.

Для обеспечения независимости программы технологического уровня системы (верхнего уровня ПО МЭВМ) от типа и характеристик проектора программные интерфейсы драйверов должны на уровне записей определять и унифицировать функциональные действия устрой

ств . Так, в интерфейсе драйвера измерительной каретки достаточно предусмотреть задание координат требуемого положения (при удовлетворении запроса драйвер переключается на управление от рекбола), а в интерфейсе драйвера ЛПМ - перемотку пленки на определенное число кадров по всем каналам в любом направлении, корректировку положения пленки в выбранном оператором канале , перемотку пленки по проекциям (при обработке фильмовой информации с пузырьковой камеры "Мирабель").

1.3 Реализация драйверов сервоприводов

Рассмотрим основные моменты реализации драйверов каретки и ЛПМ. Драйвер сервопривода (каретки или ЛПМ) запускается по прерываниям из электроники управления с периодом следования сигналов от 0,5 до 32,8 мс, определяемыми программно (см.раз - дел 2). Поскольку в электронике управления проектором ПУОС-4 предусмотрен один вектор прерывания Э-60 (в отличие от случая мини-ЭВМ PDP8/E) [5] , для драйверов сервоприводов каретки и ЛПМ реализован один общий обработчик прерывания (ОБП) [7] .

Координаты текущего положения каретки или ЛПМ (XА) с двойной точностью (разрядность координаты должна быть не менее 19 , поскольку диапазон перемещений кареток достигает 400 мм, а дискретность датчиков измерительной системы проектора ПУОС-4 равна 1 мкм) вычисляются программно с использованием значений аппаратных 16-разрядных регистров-счетчиков импульсных сигналов с растровых/угловых датчиков перемещений. Так как вычисление координаты текущего положения устройства с двойной точностью занимает сравнительно большой интервал времени, а ОБП работает в зак-

рытых прерываниях [7] , то задача ОБИ ограничивается определением устройства управления, требующего обслуживания, чтением регистра-счетчика в качестве младшей части текущей координаты устройства и запуском драйвера данного устройства, а старшая часть координаты вычисляется уже в самом драйвере сразу же после выхода из состояния ожидания прерывания.

Для контроля работоспособности аппаратуры управления проектором в драйверах сервоприводов предусмотрен анализ аппаратных статусных регистров устройств проектора, отображающих аварийные ситуации (выход измерительной каретки за зону возможных перемещений и т.п.), а также введено таймирование выполнения элементарных действий (перемещение каретки или пленки, открытие/закрытие прижимных рамок ЛПМ и т.п.) с повторением команд в случае их неотработки аппаратурой и выводом соответствующей диагностики на дисплей оператора при отказе выполнения команд. Включение механизма таймирования выполнения элементарных действий исключает "зависания" программ в случае неотработки аппаратурой каких-либо команд.

Структура драйвера измерительной каретки приведена на рис.1. Двум способам задания координат требуемого положения (x_s) каретки (программно или трекболом) в драйвере соответствует два режима управления: "быстрое" движение и управление от трекбола. В последнем случае новые координаты каретки определяются программой работы с трекболом в зависимости от скорости (v) и направления его вращения. В качестве функции приращения (ϵ) выбрана показательная функция ($\epsilon = \pm 2^{|v|}$). Для расширения диапазона управления скорость трекбола интегрируется за временной интервал в 16 мс.

Управление кареткой является дискретным и осуществляется на основе вычисления функции $(F(E(T), \Delta E(T)))$ от разности текущей и требуемой координат $(E(T) = XA(T) - XS$ - рассогласование от требуемого положения в момент времени T) и скорости изменения этой разности $(\Delta E(T) = E(T) - E(T-1) = XA(T) - XA(T-1) = V(T)$ - приращение координаты за временной квант управления) с обратной связью по скорости (возможно с переменным скоростным коэффициентом обратной связи).

В целях сокращения времени работы драйвера код управляющего воздействия определяется с помощью табличной функции от значения $F: (C(T) = f(|F(E(T), \Delta E(T))|))$.

В зависимости от величины рассогласования выделяются следующие зоны управления:

- зона позиционирования, в которой управление кареткой ведется только по значению рассогласования, без учета скорости движения каретки;
- квазилинейная зона, где управление учитывает скорость движения каретки;
- зона стабилизации скорости при перемещении на большие расстояния;
- зона ускорения, предназначенная для уменьшения амплитуды собственных колебаний каретки.

Конкретные значения обеих таблиц $(F$ и $C)$, коэффициента обратной связи (K) , границ зон управления, а также параметров таймирования элементарных действий определяются электро-механическими характеристиками каретки и вычисляются моделированием с дальнейшей коррекцией в процессе отладки драйвера с помощью УПД комплексного тестирования сервоприводов (см. п.3.2.).

Время "быстрого" движения каретки ограничено 2,5с (если за это время каретка не фиксируется в требуемом положении, режим "быстрого" движения сбрасывается), а время нахождения каретки в зоне позиционирования ограничено 0,3с.

Для ликвидации "запаздывания" каретки при управлении от трекбола (оператор уже не вращает трекбол, а каретка еще продолжает движение) введен механизм сброса координат X_S каретки в значение X_A .

Процедура D_{BOXY} в составе драйвера каретки выполняет задачи драйвера Y_C - каретки. Поскольку положение Y_C - каретки оцифровывается растровым датчиком угловых перемещений (256 отсчетов/оборот) с дискретностью, соответствующей линейному перемещению блока осветителей, 0,0195 мм (5 мм/оборот), то требуемое положение Y_C - каретки (Z_S) определяется текущим значением Y_A как

$$Z_S \approx 1/19 * Y_A + \Delta \approx (1/32 + 1/64 + 1/256) * Y_A + \Delta,$$

где $\Delta = 0$ при включении 15^x осветителя или $\Delta = 26000_8$ отсчетов (расстояние между осветителями) при включении 67^x осветителя.

Код управляющего воздействия на двигатель Y_C - каретки вычисляется по алгоритму управления X , Y - кареток в зоне позиционирования.

Структура драйвера ЛПМ приведена на рис.2. Управление ЛПМ не столь однозначно по времени, как управление кареткой, и характеризуется последовательностью действий: открытие/закрытие прижимной рамки; контроль состояния (открытия/закрытия) рамки; управление каналами ЛПМ для перемотки пленки; корректировка пленки

после перемотки и т.д. Поэтому управление ЛПМ осуществляется драйвером с помощью набора подпрограмм: каждое действие при перемотке пленки выполняется отдельной подпрограммой.

При программном режиме управления координаты требуемого положения (x_s) канала ЛПМ вычисляются добавлением к x_k запрашиваемого количества кадров в единицах отсчета для всех каналов ЛПМ. При управлении ЛПМ от трекбола координаты требуемого положения канала ЛПМ определяются в зависимости от скорости и направления вращения трекбола (линейная зависимость $E=V$). Алгоритм управления ЛПМ аналогичен управлению каретки с учетом двухмоторной схемы управления. Вычисленный код управления складывается (вычитается) с уравновешивающим натяжение пленки кодом для обеих бобин. Уравновешивающие коды подбираются динамически в зависимости от величины и направления скорости сползания кадра, они заполняются в таблицах и используются в качестве исходных при следующей перемотке. Отличия заключаются также в выборе значений коэффициента k , таблиц функций F и кодов C , параметров таймирования и т.п.

2. Оценка условий реализуемости драйверов устройств проектора

В связи с тем, что в подсистеме локального управления проектором существуют устройства с жестким режимом работы (ТЛС с ЦЭВМ, сервоприводы проектора) необходимо исследовать условия реализуемости драйверов внешних устройств (возможность параллельной работы драйверов без потери прерываний).

В качестве системы реального времени используется монитор

RTM60 7 , удовлетворяющий требованиям [6,7] реализации драйверов подсистемы локального управления проектором. Для вывода условий реализуемости [6,8] введем следующие обозначения:

- $T_{\text{вУ}}^i$ - минимальный интервал между двумя запросами к драйверу с i -го внешнего устройства;
- $\tau_{\text{вУ}}^i$ - максимально допустимый интервал времени между появлением запроса и его обслуживанием;
- $t_{\text{обп}}^i$ - максимальное время работы ОП i -го устройства;
- $t_{\text{рд}}$ - время обработки примитива монитора POSTDISMISS и запуска задачи;
- $t_{\text{зак}}$ - максимальное время работы монитора в закрытых прерываниях;
- $t_{\text{гр}}^i$ - максимальное чистое время работы драйвера i -го устройства;
- $\tau_{\text{гр}}^i$ - максимальное время работы драйвера i -го устройства (интервал времени от запроса к драйверу i -го устройства до окончания его работы);
- α_{ij} - коэффициенты кратности обращений устройств относительно друг друга, показывающие, сколько прерывания на исполнение j -го драйвера может поступать за $\tau_{\text{гр}}^i$.

Необходимым условием реализуемости драйверов внешних устройств является условие баланса времени, характеризующее занятость процессора:

$$\sum_{i=1}^N \frac{t_{\text{обп}}^i + t_{\text{рд}} + t_{\text{гр}}^i}{T_{\text{вУ}}^i} < 1, \quad (1)$$

где N - число одновременно работающих внешних устройств.

В подсистеме локального управления проектором для всех устройств выполняется условие

$$\tau_{\text{вУ}}^i \leq T_{\text{вУ}}^i \quad t_{\text{гр.}}^i < T_{\text{вУ}}^i ,$$

следовательно, все драйверы можно рассматривать с предположением $\tau_{\text{вУ}}^i = T_{\text{вУ}}^i$.

Принятые принципы управления внешними устройствами требуют реакции на каждое прерывание от этих устройств. Для получения условия мультиплексирования драйверов внешних устройств в наименее худших ситуациях необходимо проверить соотношение $\tau_{\text{гр.}}^i \leq \tau_{\text{вУ}}^i$.

Для драйвера с i -ым приоритетом наименее худшей ситуацией является появление запросов от всех остальных устройств за время $t_{\text{гр.}}^i$:

$$\tau_{\text{гр.}}^i \leq t_{\text{зак.}} + (t_{\text{обл}}^i + t_{\text{рД}} + t_{\text{гр.}}^i) + \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_{ij} (t_{\text{обл}}^j + t_{\text{рД}} + t_{\text{гр.}}^j) + \sum_{j=i+1}^N \alpha_{ij} (t_{\text{обл}}^j + t_{\text{рД}}).$$

Для приближенной оценки α_{ij} можно определить как целое, не меньшее, чем $T_{\text{вУ}}^i / T_{\text{вУ}}^j$. Исходя из требования отработки каждого прерывания, $\alpha_{ij} = 1$ для всех $j > i$. Таким образом, условие мультиплексирования драйверов внешних устройств с $\tau_{\text{вУ}}^i = T_{\text{вУ}}^i$ запишется в виде систем неравенств:

$$\tau_{\text{гр.}}^i \leq t_{\text{зак.}} + \sum_{j=1}^i \alpha_{ij} (t_{\text{обл}}^j + t_{\text{рД}} + t_{\text{гр.}}^j) + \sum_{j=i+1}^N (t_{\text{обл}}^j + t_{\text{рД}}) \leq T_{\text{вУ}}^i \quad (2)$$

Полученные формулы (1), (2) дают возможность проверки условий реализуемости драйверов внешних устройств, работающих под управлением монитора RTM60, в каждом конкретном случае.

Совокупность параллельно работающих устройств и характерные времена работы их драйверов в подсистеме локального управления проектором ПУОС-4 приведены в таблице. Из приведенных устройств АЦД не является устройством с жестким режимом работы, а время работы таймера зависит от количества работающих задач под управлением монитора и от количества запросов от этих задач.

При выборе значений $T_{\text{вч}}$ необходимо проверить условие баланса времени. Таймер дает возможность настройки выбора $T_{\text{т}}$ кратным 20 мс (50 гц), в подсистеме локального управления выбран $T_{\text{т}} = 100$ мс. Легко убедиться, что условие баланса времени удовлетворяется при выборе следующих значений $T_{\text{вч}}$:

$T_{\text{тлс}} = 4,52$ мс (скорость обмена 2400 бод), $T_{\text{кар}} = 8,2$ мс, $T_{\text{лпм}} = 8,2$ мс. Скорость обмена с ЦЭВМ 2400 бод вполне достаточна (не создает дискомфорта оператора) для организации диалога оператора проектора с системой [9], но, с другой стороны, предпочтительнее использование максимально возможной скорости обмена с ЦЭВМ (9600 бод). Характер организации связи для работы под управлением монитора RTM60 таков, что времена $t_{\text{рд}}$ и $t_{\text{гр}}$ включаются в общую сумму условия баланса времени только при приеме/передаче терминального символа блока [10]. В остальных случаях учитывается только значение $t_{\text{овп}}$, при котором условие баланса времени выполняется и при

$T_{\text{тлс}} = 1,13$ мс (9600 бод). Это позволяет установить

$T_{\text{тлс}} = 1,13$ мс, поскольку в конце сеанса связи запаздывание управления проектора (каретки или ЛПМ) на одно прерывание не

Таблица

Временные характеристики драйверов подсистемы
локального управления проектором ПУОС-4 на МЭВМ Э-60
(процессор M2), работающих под управлением монитора
RTM60 (в миллисекундах)

приоритет устрой- ства	устрой- ство про- ектора		$T_{ВУ}$	$t_{ОБІ}$	$t_{др}$
1	ТЛС	с DEC-10	1,13-72,32	0,1*	0,8
		с БЭСМ-6	1,13-72,32	0,13* 0,1**	
2	каретка		0,5-32,8	0,12	4,5 в реж. трекбола 4 в программном реж.
3	ЛПМ		0,5-32,8	0,15	3,5 в реж. трекбола 4,7 в программ. реж.
4	АЦД	VT-50	1,13-4,52	0,07	0,6
		РИН-609	параллель. синхронный связь	0,08	0,7
5	таймер		100	0,03	0,12-6 для IO задач

$t_{рД} = 0,23$ мс при прерывании в мониторе;

$t_{рД} = 0,53 + 0,03 (n - 1)$ мс при прерывании в задаче, где n - при-
оритет драйвера устройства;

$t_{зак.} = 0,15$ мс;

*) максимальное время работы входного/выходного ОБІ при выхо-
де из него по команде RTI.

**) максимальное время работы входного/выходного ОБІ при выхо-
де из него по примитиву монитора POSTDISMISS.

столь болезненно, тем более, что интенсивность обменов сообщениями между МЭВМ и ЦЭВМ достаточно низка (2-3 сообщений в минуту).

Предварительная расстановка приоритетов устройств подсистемы локального управления, необходимая для проверки условия мультиплексирования для каждого устройства с жестким режимом работы, также приведена в таблице.

3. Тестовое обеспечение проектора

При вводе в АСПОФИ новых проекторов естественно возникает задача тестирования их функциональных устройств и отладки драйверов. Необходимость разработки тестового обеспечения проектора продиктована также требованием обеспечения контроля качества проведенных ремонтно-профилактических работ, поиска, диагностирования и устранения неисправностей аппаратуры.

Поиск неисправностей аппаратуры упрощается предоставлением возможности индикации содержимого статусных регистров устройств проектора или ячеек памяти МЭВМ, адреса которых задаются клавишным регистром специально разработанного интерфейсного модуля SPY [5] .

3.1 Набор функциональных тестов

Набор тестов подразделяется на несколько групп, выполняющих следующие задачи:

- проверку элементарных действий: включение/выключение осветителей, работа механизма смены увеличения и сигнальных концевых выключателей, открытие/закрытие прижимной рамки ЛПМ и т.д;

- контроль счета импульсов с растровых датчиков линейных и угловых перемещений устройств проектора;
- тестирование исполнительных двигателей кареток измерительной системы, бобинных двигателей ЛПМ и т.п.;
- контроль правильности регулировки шариковинтовых пар измерительной системы проектора;
- тестирование ТЛС с ЦЭВМ.

Качество регулировки шариковинтовых пар контролируется по допустимому разбросу скоростей в диапазоне перемещения измерительных кареток при подаче на исполнительные двигатели постоянного тока. Задание нужного тока и индикация значений скоростей производится с использованием интерфейса SPY .

Тестирование ТЛС с ЦЭВМ осуществляется сопряженными программами на ЦЭВМ и МЭВМ. Контроль и диагностика сбоев ТЛС реализуется в программе ЦЭВМ, а тест-программа в МЭВМ является пассивным ретранслятором принимаемых от ЦЭВМ сообщений.

3.2 Управляющая программа комплексного тестирования сервоприводов проектора

Кроме простых функциональных тестов отдельных устройств проектора существует необходимость создания существенно более сложных тестов, предназначенных для комплексного тестирования сервоприводов. Фактически комплексный тест проектора должен являться инструментом в период создания и сопровождения драйверов сервоприводов, дающим возможность оценки качества используемого алгоритма управления. Основными задачами программы комплексного тестирования сервоприводов проектора являются:

- сбор данных, отражающих динамику работы сервопривода;
- организация диалогового режима с оператором (выбор сервопривода, определение интервалов сбора данных, задание интересующих зависимостей и т.п.);
- удобное представление результатов (документ, графики).

Задача тестирования сервоприводов проектора решается созданием специализированной управляющей программы **TESTSERVO** (рис.3), которая функционально делится на две части:

- **CLOCK** - формирование буфера данных, отражающих динамику работы тестируемого объекта;
- **DIALOG** - взаимодействие с оператором, формирование запросов к драйверам сервоприводов проектора, представление результатов динамики движения объекта управления.

Форматы реализованных в программе **DIALOG** команд и соответствующих им функций приведены в приложении.

Для исследования динамических характеристик сервосистем и качества управления используется метод фазового пространства, в котором фазовым координатам соответствуют переменные состояния (рассогласование и скорость перемещения объекта управления). Результаты динамики движения объекта управления представляются в алфавитно-цифровом или графическом виде.

Драйвер графического дисплея (ГД) **ТЕКТРОНИХ-611** реализует следующие функции:

- построение последовательности векторов по заданной последовательности пар координат;
- разметку векторов набором стандартных символов (например, 1,2,3,...);
- формирование строки текста или отдельного символа в заданных

координатах;

- изменение таблицы, задающей графику воспроизведения символа (используемый шрифт может быть латинским, русским и т.д.).

В программе TESTSERVO реализованы возможности построения графиков как различных типов, так и с различными масштабами по координатным осям. В существующей версии реализована возможность построения трех типов графиков, отражающих следующие зависимости:

- скорости перемещения от рассогласования;
- скорости перемещения от времени;
- рассогласования от времени.

Примеры графиков, полученных с помощью программы при исследовании динамических характеристик сервопривода прецизионной измерительной каретки проектора ПУОС-4, приведены на рис.4,5.

Заключение

Предложенная реализация драйверов локального управления проектором позволяет рассматривать технологический уровень АСПОФИ независимо от типа и характеристик проектора, создавать универсальные управляющие программы, обеспечивающие различные режимы работы проектора.

Созданное ПО комплексного тестирования сервоприводов предоставляет разработчику инструмент для исследования динамических характеристик сервоприводов устройств проекторов типа ПУОС-4, включая графические средства. Использование этой программы как в период эксплуатации, так и при вводе в систему новых проекторов существенно упрощает процедуру юстировки механики проектора

и приводит к значительному сокращению времени ввода системы в эксплуатацию.

ПО встроенной МЭВМ Э-60 в контуре управления проектором ПУОС-4, созданное на языке структурного ассемблера PL-II [II], находится в промышленной эксплуатации АСПОФИ РТФЯБ ИФВЭ [I], МАСИС ЕрФИ [2] и НИИЯФ МГУ [3] более 5 лет. Опыт работы продемонстрировал высокую надежность и мобильность созданного ПО МЭВМ при переносе из одной системы в другую, условия функционирования которых существенно отличаются друг от друга.

В процессе создания ПО МЭВМ Э-60 накоплен опыт разработки ПО встроенной в технологическое оборудование микроЭВМ, работающей в комплексе с ЦЭВМ.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить признательность Г.А.Вартапетяну, А.Ф.Дунайцеву, З.А.Киракосян, В.А.Ярбе за поддержку данной работы, Н.М.Агабабяну, С.Г.Бадалян, С.В.Клименко, Ю.Л.Куркину за полезные обсуждения и непрерывное содействие, С.Г.Арзуманяну, В.А.Гончарову, В.Д.Донгинову, Е.М.Миртчану, Г.Г.Сапонджяну-разработчикам аппаратуры управления проекторами ПУОС-4, управляемыми МЭВМ Э-60, за участие в обсуждениях при создании и отладки ПО подсистемы локального управления проектором, а также Г.Е.Бабаяну за помощь при подготовке к опубликованию текста данной работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Команды управляющей программы тестирования сервоприводов

1. W - выбор объекта, подлежащего тестированию. Формат команды:

$$W\alpha_1, \alpha_2,$$

где $\alpha_1 = K$ при тестировании измерительной каретки, $\alpha_2 = X$ при перемещении X - каретки, $\alpha_2 = Y$ при перемещении Y - каретки; либо $\alpha_1 = F$ при тестировании ЛПМ, $1 \leq \alpha_2 \leq 4$ указывает номер тестируемого канала ЛПМ.

2. Z - распечатка текущей координаты (XA) тестируемого объекта. Параметры отсутствуют. Формат распечатки:

$$Z\alpha_1, \alpha_2,$$

где α_1 - старшая часть, α_2 - младшая часть координаты объекта

3. P - задание нового значения координаты (XS) для тестируемого объекта. Формат команды:

$$P\alpha_1, \alpha_2,$$

где α_1 - старшая часть, α_2 - младшая часть координаты объекта.

4. O - задание временных параметров для формирования буфера данных, выводимых на печать. Формат команды:

$$O\alpha_1, \alpha_2$$

где α_1 - начало выдачи в единицах интервала прерываний с тестируемого объекта, α_2 - интервал времени записи данных в буфер.

5. X - включение осветителя. Формат команды:

$$X\alpha_1,$$

где $\alpha_1 = 0$ при выключении осветителей, $\alpha_1 = 1$ при включении осветителя 15^\times увеличения, $\alpha_1 = 2$ при включении осветителя 67^\times увеличения.

6. H - распечатка форматов и функций команд программы DIALOG .
7. S - формирование запроса к драйверу тестируемого объекта для выполнения заданного перемещения. Параметры отсутствуют.
8. L - распечатка буфера данных на АЦД. Параметры отсутствуют.
9. D - вывод графиков динамических характеристик сервопривода на графическом дисплее. Формат команды:

$$D \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 ,$$

где $0 < \alpha_1 \leq 3$ - тип графика, α_2 , α_3 - масштабы по координатам X , Y .

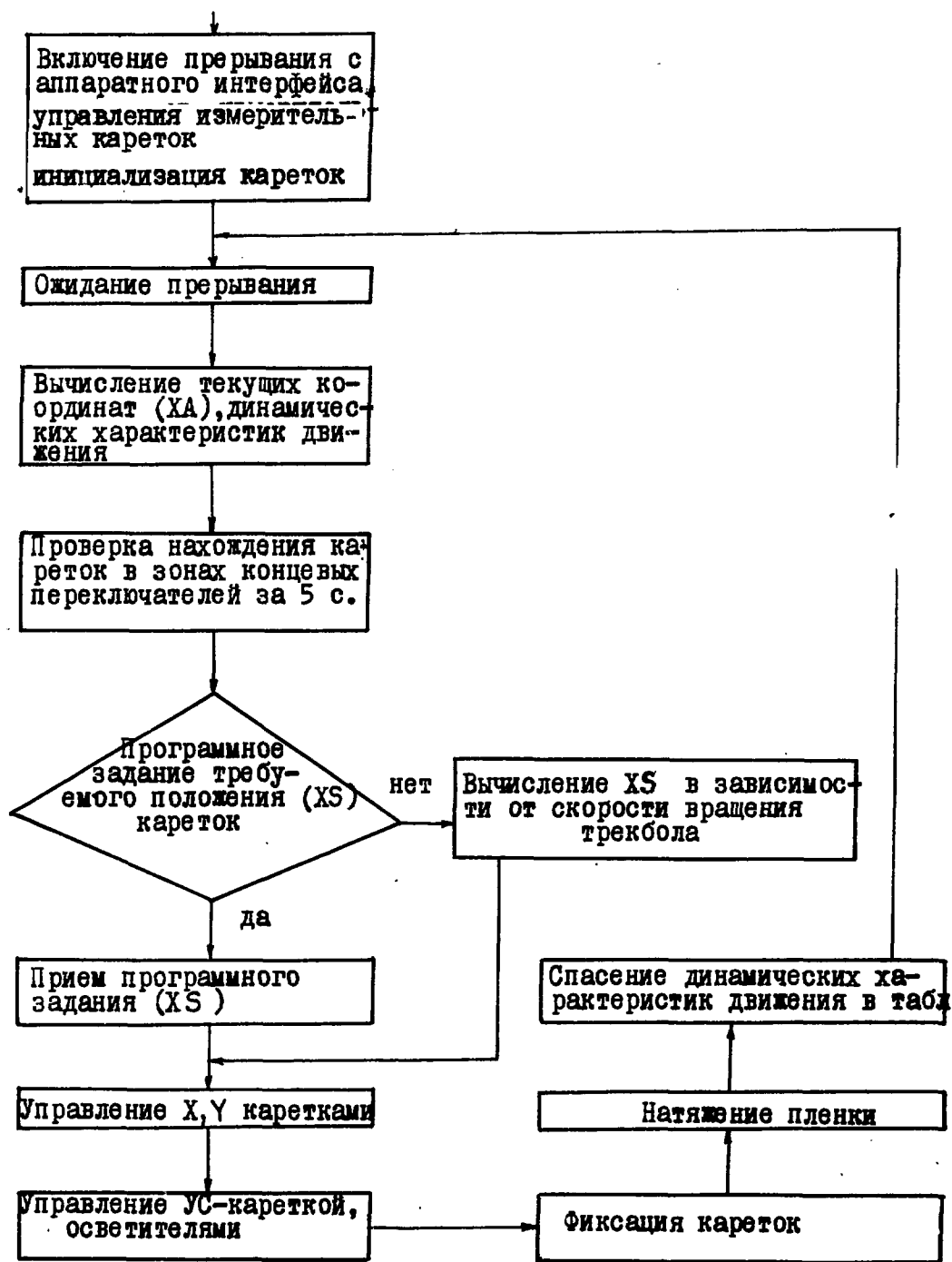


Рис. I Структура драйвера измерительной каретки

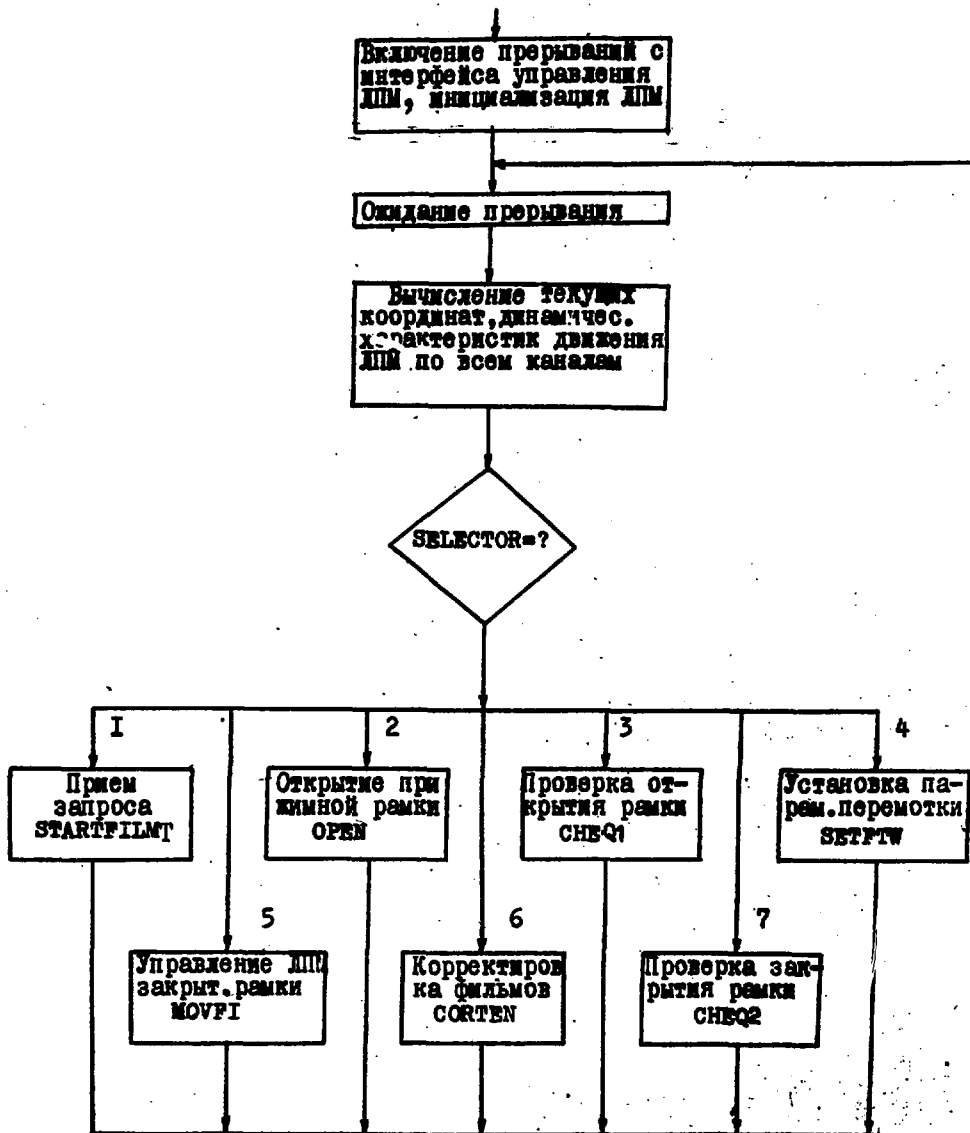


Рис.2 Структура драйвера ЛПМ

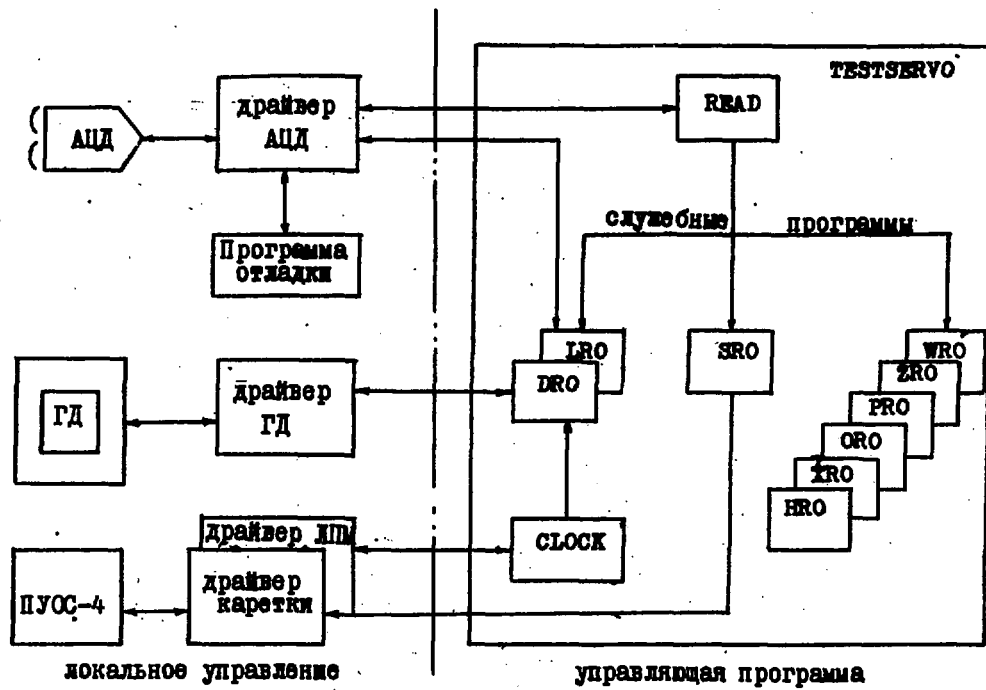


Рис.3 Структурная схема управляющей программы комплексного тестирования сервоприводов проектора TESTSERVO

VELOCITY-ERROR

$DX=1000$ $DY=0040$

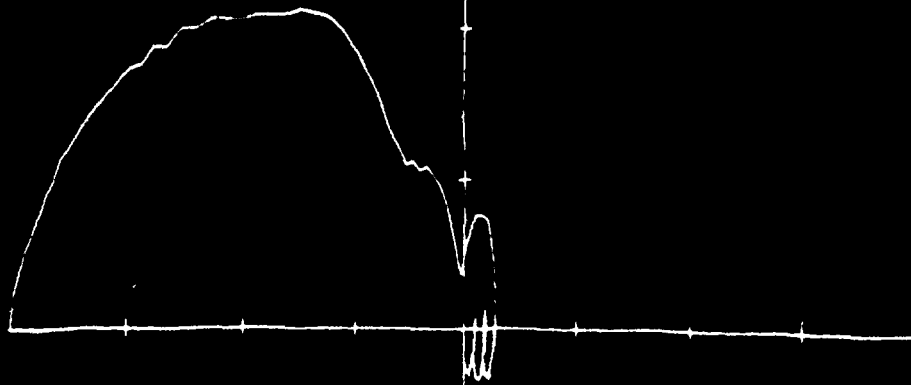


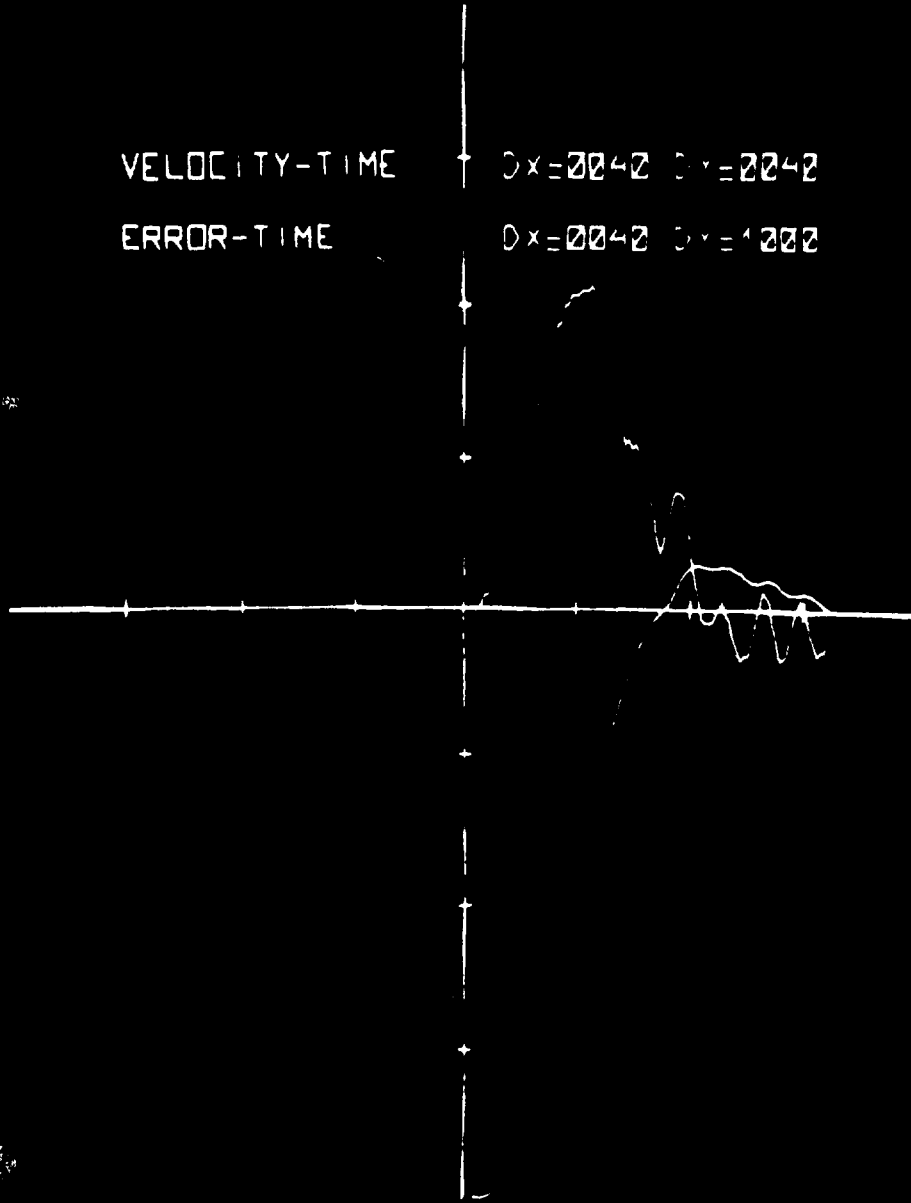
FIG. 4

VELOCITY-TIME

$\Delta x = 0040$ $\Delta y = 0040$

ERROR-TIME

$\Delta x = 0040$ $\Delta y = 1000$



...

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белокопытов Ю.А. и др. Препринт ИФВЭ 79-176, Серпухов, 1979.
2. Авилов А.В. и др. ВАНТ. Серия: Техника физического эксперимента, 1987, вып.1(32), с.3-13.
3. Бравина Л.В. и др. Препринт НИИЯФ МГУ 87-01, Москва, 1987.
4. Гончаров В.А. и др. Препринт ИФВЭ 84-208, Серпухов, 1984.
5. Алиев Ф.М. и др. Препринт ИФВЭ 84-209, Серпухов, 1984.
Гончаров В.А. и др. Препринт ИФВЭ 86-69, Серпухов, 1986.
Алиев Ф.М. и др. Препринт ИФВЭ 87-73, Серпухов, 1987.
6. Юрпалов В.Д. Препринт ИФВЭ 80-93, Серпухов, 1980.
7. Бадалян С.Г. и др. ВАНТ. Серия: Техника физического эксперимента, 1987, вып.1(32), с.53-65.
8. Карцев М.А. Архитектура цифровых вычислительных машин. М.: Наука, 1978.
9. Мартин Дж. Системный анализ передачи данных. М.: Мир, 1975.
10. Авилов А.В. и др. ВАНТ. Серия: Техника физического эксперимента, 1987, вып.1(32), с.29-35.
11. Russel R.D. PL-11: A Programming Language for the DEC PDP-11 Computer with Addendum (Version 5). CERN 74-24 Rev., CERN, Geneva, 1978.
Загоруй Ю.Г., Соколов А.П. Препринт ИФВЭ 82-167, Серпухов, 1982.

Рукопись поступила 3 мая 1990 г.

В.М.ДИКИЙ, Г.Д.НЕКИПЕЛОВА, В.В.ШАХБАЗЯН, В.Д.ЮРПАЛОВ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА-60",
ВСТРОЕННОЙ В АППАРАТУРУ УПРАВЛЕНИЯ ПРОСМОТРОВО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ
ПРОЕКТОРОМ ПУОС-4

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 20/IX-90г.	ВФ-03568	Формат 60x84/16
Офсетная печать. Уч.изд.л. 1,0	Тираж 299 экз.	ц. 15 к.
Зак.тип.№ 255	Индекс 3649	

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, ул.Братьев Алиханян, 2

**The address for requests:
Information Department
Yerevan Physics Institute
Alikhanian Brothers 2,
Yevan, 375036
Armenia, USSR**

ИНДЕКС 3649



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ