

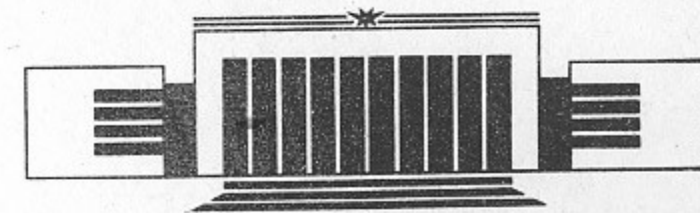


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

М.Н. Кондауров, С.В. Кротов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДСИСТЕМА
СВЕРЛОВКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РЭА «Графика 11»

ПРЕПРИНТ 87-98



НОВОСИБИРСК

Автоматизированная подсистема
сверловки печатных плат
системы автоматизированного проектирования
РЭА «Графика 11»

М.Н. Кондауров, С.В. Кротов

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

В работе описана автоматизированная подсистема сверловки печатных плат для станков с ЧПУ КД46. Подсистема предназначена для непосредственного подключения к САПР РЭА. Подсистема выполнена на основе микро-ЭВМ «Электроника-60М», модулей программируемого скоростного управления шаговыми двигателями в стандарте КАМАК, и модулей силового шагового привода в стандарте ВИШНЯ. Подсистема обеспечивает одновременное управление двумя станками КД46 по независимым программам. Благодаря высокочастотным силовым шаговым приводам и программной оптимизации скоростных параметров шаговых приводов производительность каждого станка увеличена в 2 раза при возросшей надежности всей электроники.

В ИЯФ СО АН СССР эксплуатируется и развивается автоматизированная система проектирования РЭА «Графика 11» [1], созданная на базе многомашинного комплекса «Электроника-100/25» — «Электроника-60». В качестве архива системы «Графика 11» используется архивная ЭВМ М-6000 многомашинного комплекса «РАДИУС» [2]. Архивная ЭВМ имеет в своем составе накопители на магнитных дисках ЕС-5061 и накопители на магнитных лентах ЕС-5017. Подключение станков с ЧПУ радиомастерской института к архивной ЭВМ способствует развитию «безбумажной» технологии в цепочке «проектирование — изготовление РЭА», обеспечивающей повышение производительности и качества при изготовлении РЭА. Решению этой задачи применительно к сверлильным станкам с ЧПУ КД46 посвящена данная работа.

**КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СТАНКА С ЧПУ КД46
ЕГО ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И НЕДОСТАТКИ**

В ИЯФ СО АН СССР с 1982 года на участке производства печатных плат эксплуатировались сверлильные станки с ЧПУ типа КД36. В 1985 году они были заменены станками КД46, отличающимися от КД36 комплектацией высокооборотными шпиндельными двигателями. Станки управлялись от перфоленты.

На рис. 1 показана блок-схема станка. В его комплект входят: шкаф питания шпинделей, шкаф управления приводом, и непосредственно сам станок. Шкаф питания шпинделей содержит уп-

равляемый тиристорный преобразователь, обеспечивающий вращение шпинделей с частотой в пределах 20000—72000 об/мин. Частота вращения задается с пульта управления станка 8. Станок состоит из рабочего стола 1, перемещаемого вдоль координаты x шаговым двигателем (ШД) 2. Рабочий стол расположен на салазках, перемещаемых ШД 3 вдоль координаты y . Таким образом обеспечивается перемещение стола 1 по обеим координатам. Над рабочим столом 1 располагаются четыре высокооборотных двигателя вращения шпинделей 4, на вал которых насаживаются цанги для крепления твердосплавных сверл. С помощью шаговых двигателей 5 обеспечивается независимое вертикальное перемещение шпинделей. Точность перемещений стола по координатам контролируется по сигналам датчиков 7, крайние положения стола и салазок — датчиками 6.

Рабочий стол 1 имеет специальные отверстия под штифты, с помощью которых заготовка печатной платы устанавливается на рабочем столе. Величина перемещения стола по координатам x и y 290 мм и 260 мм соответственно. Шпиндели расположены в углах условного прямоугольника со сторонами 285 мм по координате x и 250 мм по координате y . Такое размещение шпинделей, обеспечивающее небольшое перекрытие между зонами доступности отдельных шпинделей, позволяет сверлить заготовки с размерами до 560×500 мм. Если заготовки печатных плат по размерам не превышают размера 285×250 мм, то можно под каждый шпиндель положить отдельную заготовку или пакет из нескольких заготовок, и сверлить их одновременно с участием всех четырех шпинделей. Эта гибкость очень выгодно выделяет станки КД46 от других станков отечественного производства (например, ВП910М, КПМЗ.101.016, ОФ101).

Шкаф управления содержит: читник перфолент, схему дешифрации и управления, пульт ручного управления и индикации, схемы управления скоростью ШД, многофазные силовые коммутаторы шаговых двигателей стола и шпинделей, схемы анализа состояний датчика, блоки питания.

Основные параметры станка КД46:

- дискретность перемещения рабочего стола — 5 мкм;
- максимальная скорость перемещений рабочего стола — 3,3 см/с (2000 мм/мин);
- скорость изменения частоты ШД в режимах ускорения и замедления — 12 (24) кГц/с;

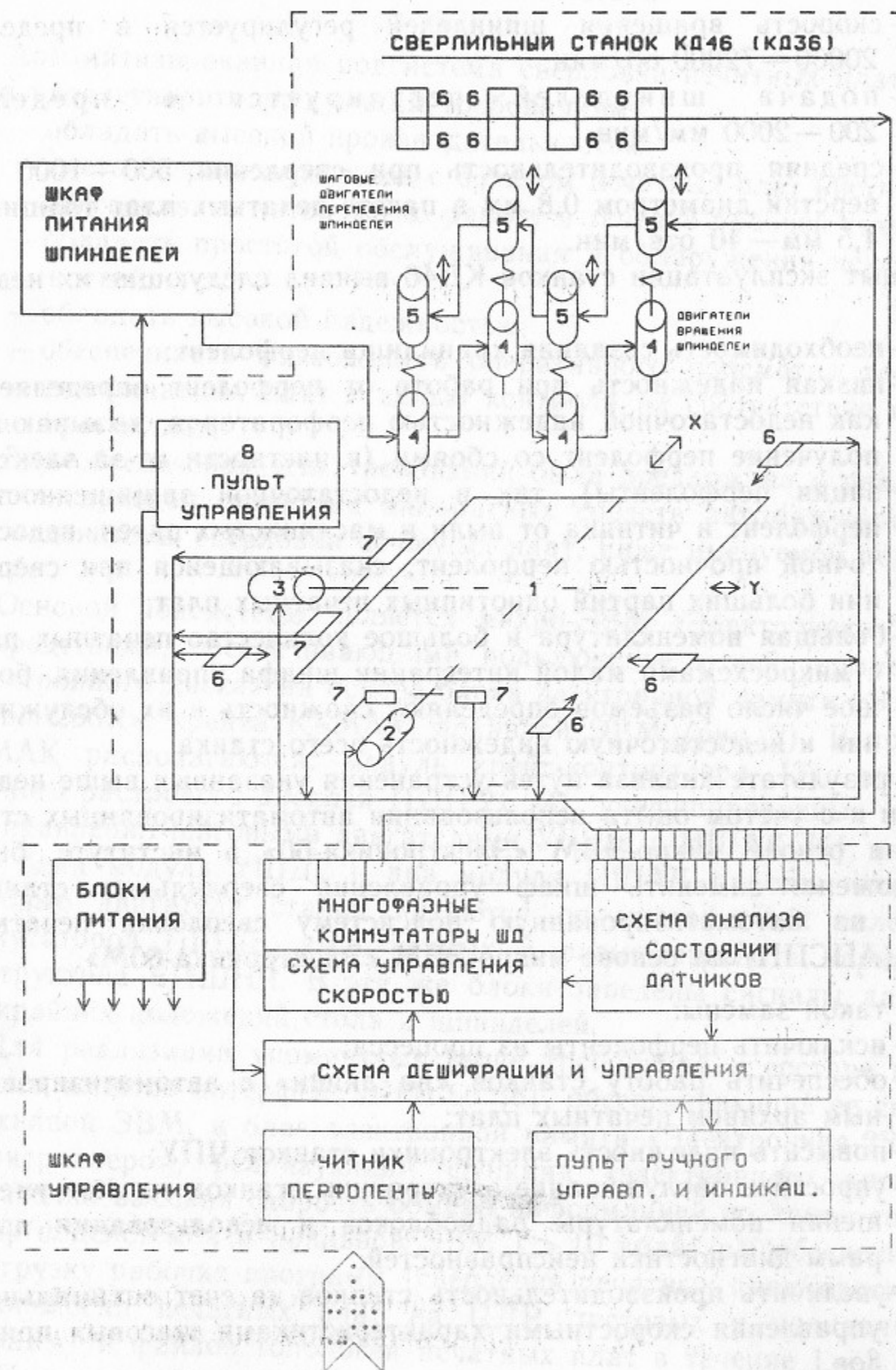


Рис. 1

- скорость вращения шпинделей регулируется в пределах 20000—72000 об/мин;
- подача шпинделей регулируется в пределах 200—2000 мм/мин;
- средняя производительность при сверлении 500—1000 отверстий диаметром 0,8 мм в пакете печатных плат толщиной 4,5 мм—40 отв/мин.

Опыт эксплуатации станков КД46 выявил следующие их недостатки:

- необходимость создания хранилища перфолент;
- низкая надежность при работе от перфолент определяется как недостаточной надежностью перфораторов, вызывающей получение перфолент со сбоями (в частности из-за электризации перфоленты), так и недостаточной защищенностью перфолент и читника от пыли и маслянистых пятен, недостаточной прочностью перфолент, сказывающейся при сверлении больших партий однотипных печатных плат;
- большая номенклатура и большое количество печатных плат с микросхемами малой интеграции шкафа управления, большое число разъемов определяют сложность в их обслуживании и недостаточную надежность всего станка.

В результате анализа путей устранения указанных выше недостатков и с учетом опыта использования автоматизированных станций на основе микро-ЭВМ «Электроника-60» в институте, было предложено: заменить шкаф управления сверлильных станков КД46 на автоматизированную подсистему сверловки печатных плат (АПСПП) на основе микро-ЭВМ «Электроника-60М».

Цели такой замены:

- исключить перфоленты из процесса;
- обеспечить работу станков «на линии» с автоматизированным архивом печатных плат;
- повысить надежность электроники станков ЧПУ;
- упростить обслуживание электроники станков за счет уменьшения номенклатуры радиоблоков и использования программ диагностики неисправностей;
- увеличить производительность станков за счет оптимального управления скоростными характеристиками шаговых приводов.

Автоматизированная подсистема сверловки печатных плат должна удовлетворять следующим требованиям:

- обладать высокой производительностью;
- иметь оперативную связь с архивом печатных плат института;
- обеспечивать автономную работу в течение рабочей смены;
- обладать простотой обслуживания и обнаружения неисправностей;
- обладать высокой надежностью;
- обеспечивать возможность оперативного просмотра топологии печатных плат с целью контроля на соответствие фотооригиналам.

Для обеспечения этих требований была предложена и реализована следующая структура аппаратных средств автоматизированной подсистемы сверловки печатных плат, ниже именуемой подсистемой.

Основой подсистемы является микро-ЭВМ «Электроника-60М» со средствами, обеспечивающими подключение к ней терминала, «электронного диска» на основе блока электронной памяти «Электроника-256К», крейта КАМАК, архивной ЭВМ (рис. 2). В крейте КАМАК располагаются: модуль крейт-контроллера [3], модуль цветного растрового дисплея (ЦДР2) [4], унифицированные модули управления шаговыми двигателями УШД2 и ИШАК [5], в составе один модуль УШД2 и два модуля ИШАК на один станок. Шаговые двигатели станка питаются от многофазных силовых коммутаторов ПШД5, выполненных и размещенных в каркасах конструктива ВИШНЯ. В эти же блоки заведены сигналы датчиков крайних положений стола и шпинделей.

Для реализации упомянутых выше требований в составе подсистемы имеется интерфейс БИМ-60 [6], обеспечивающий ее связь с архивной ЭВМ, и блок электронной памяти «Электроника-256К» с контроллером, реализующим функции «электронного диска». Достаточно высокая скорость обмена информацией по линии связи между подсистемой и архивной ЭВМ (> 10 кбайт/с), обеспечивает загрузку рабочих программ (сверления печатных плат, просмотра топологии печатных плат на ЦДР, тестовых и наладочных программ) и файлов топологии печатных плат в течение 1—3 минут. После загрузки всей информации на «электронный диск», под-

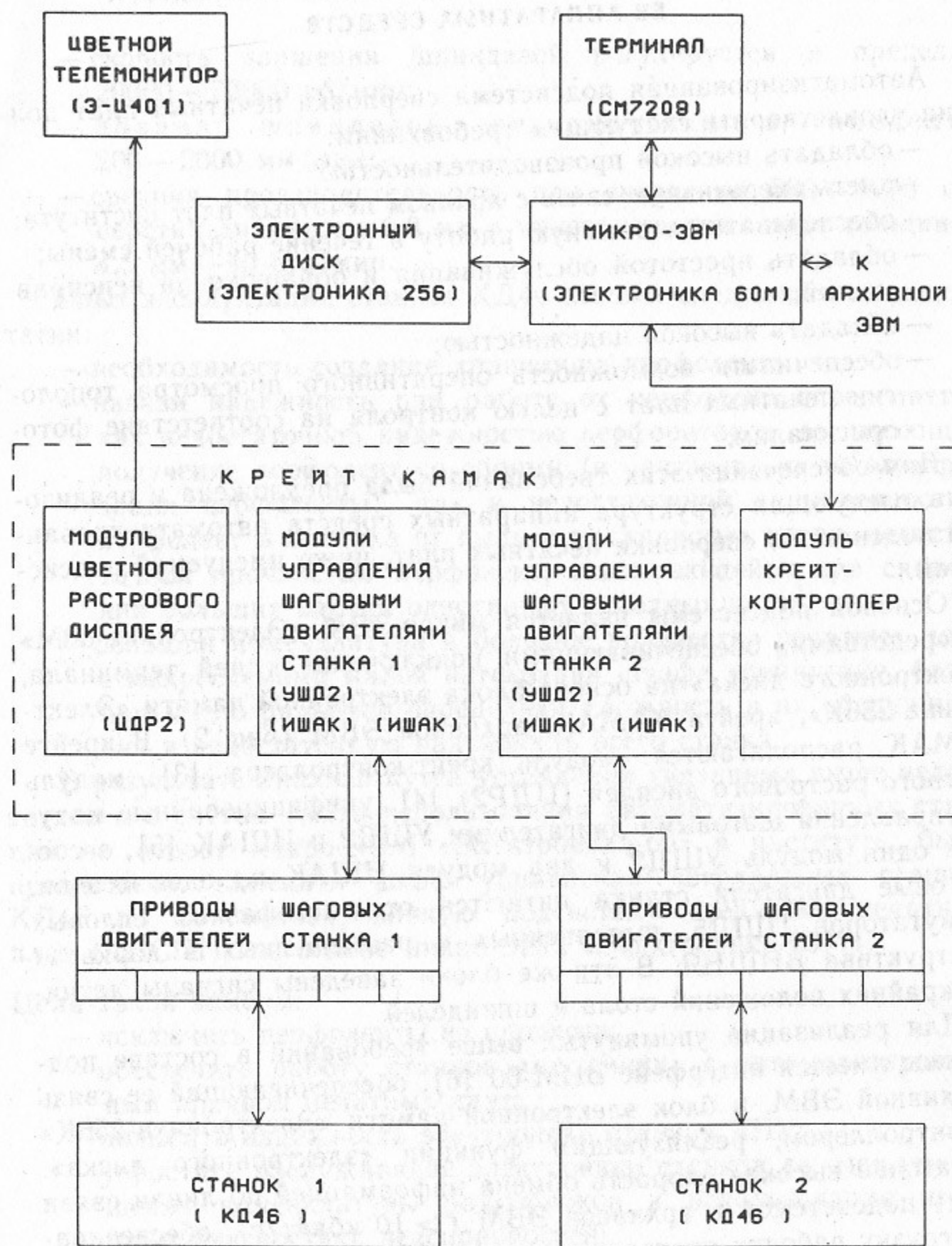


Рис. 2

система в состоянии работать автономно (без обращения к архиву) в течение рабочей смены с двумя станками.

Использование в качестве запоминающего устройства блока электронной памяти обеспечивает высокую надежность и быстродействие «электронного диска», по сравнению с накопителями на гибких и жестких магнитных дисках. Это достигается за счет реализации в ней обнаружения и коррекции однобитовых ошибок памяти и отсутствия движущихся механических деталей. Основным недостатком «электронного диска» — отсутствие энергонезависимости. При значительных бросках питающего напряжения информация в электронной памяти нарушается. Для подсистемы, имеющей оперативную связь с архивной ЭВМ, этот недостаток не является принципиальным. Вся потерянная информация может быть в течение нескольких минут восстановлена, а программное обеспечение подсистемы позволяет продолжить работу сверлильного станка с того места, где она была прервана.

В качестве терминала используется символьный дисплей СМ-7209 (МЕРА-7953). С помощью терминала ведется диалог с программами, даются задания на выполнение различных работ, производится настройка параметров управления сверлильными станками под конкретную работу, отображаются диагностические текстовые сообщения.

Быстродействие микро-ЭВМ позволяет обеспечить одновременную независимую работу двух станков. Управление двумя станками от одной микро-ЭВМ позволило уменьшить аппаратные затраты.

АРХИТЕКТУРА ЭВМ ПОДСИСТЕМЫ

Архитектура ЭВМ подсистемы полностью определяется ее назначением. На рис. 3 показана структура ЭВМ подсистемы.

ЭВМ состоит из следующих модулей:

- процессора М2;
- оперативного запоминающего устройства на 28 килослов;
- интерфейса «Стык-С2» (V24) для связи с терминалом;
- интерфейса быстрой связи с архивной ЭВМ — БИМ-60;
- дополнительной памяти типа «окно» на 32 килослова;
- драйвера крейта КАМАК;
- удлинителя общей шины (для подключения к контроллеру «электронного диска»).

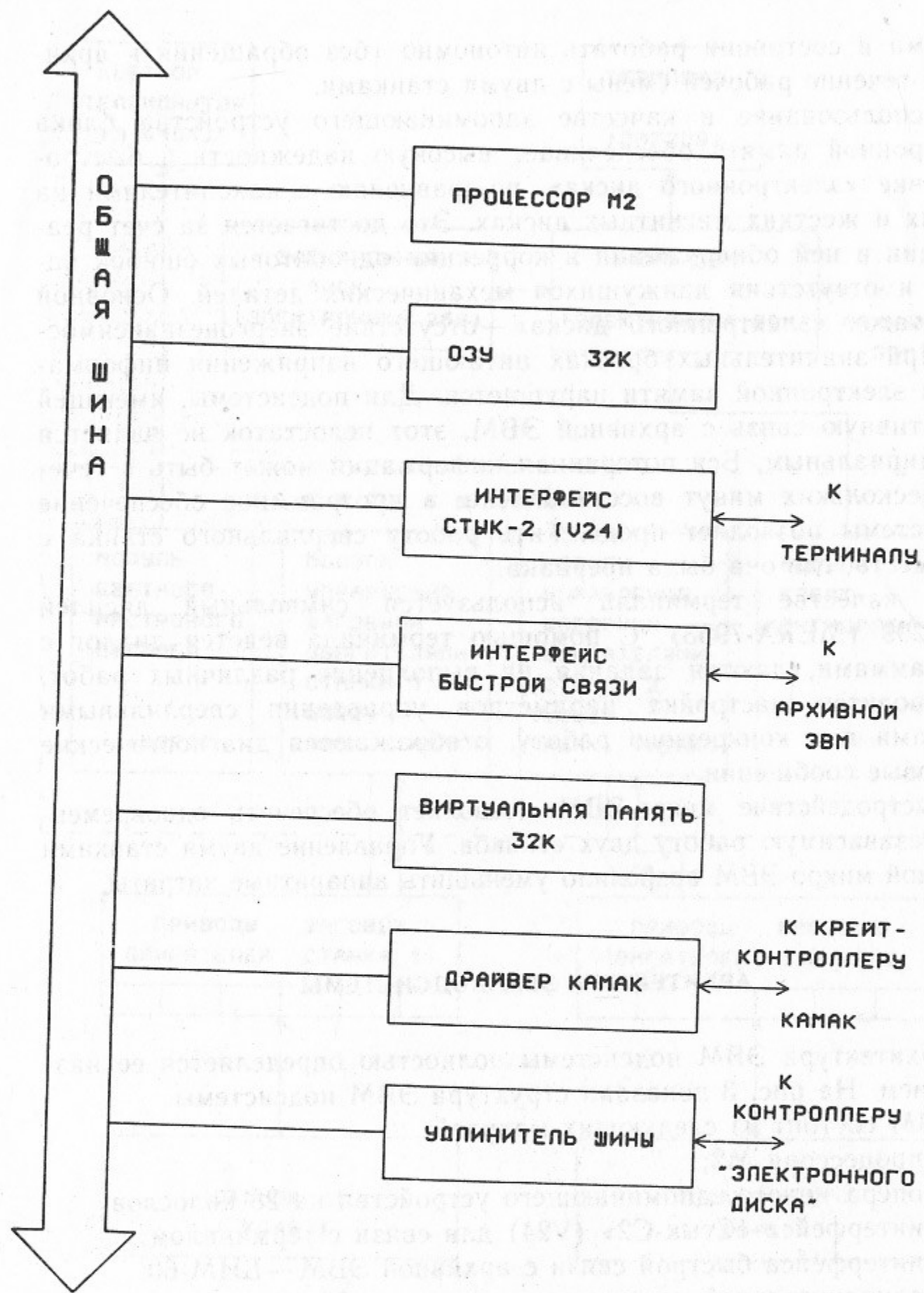


Рис. 3

Процессор М2 осуществляет логические, арифметические и адресные операции с 16-разрядными данными и адресами согласно программе и данным располагаемым в ОЗУ.

В качестве оперативной памяти используется модуль оперативной памяти на 32 килослова с исправлением по коду Хемминга од-нобитовых ошибок и индикацией двойных. Использование такой памяти повышает надежность работы ЭВМ, что является необходи-мым условием успешной работы подсистемы в составе произ-водственного участка. В ОЗУ при реальной работе располагается рабочая программа. Как правило, оставшейся свободной области памяти ОЗУ не хватает для размещения в ней информации о двух печатных платах, с которыми ведется работа на двух сверлильных станках. Поэтому введена дополнительная память.

Дополнительная память на 32 килослова позволяет хранить в ней информацию о двух печатных платах. Поскольку обращение к ячейкам дополнительной памяти осуществляется также быстро как и к ячейкам ОЗУ, то это позволяет повысить быстродействие про-грамм при обработке данных о печатных платах в процессе их сверловки, устранить взаимные задержки станков при их одновре-менной работе.

Интерфейс «Стык-С2» (V24) осуществляет связь ЭВМ с терми-налом. Он имеет оптронную гальваническую развязку по сигналь-ным линиям, что повышает надежность работы всей станции. Ско-рость передачи информации между ЭВМ и терминалом — 9600 бод.

Интерфейс быстрой связи БИМ-60 [6] имеет высокую физичес-кую скорость передачи данных в линии (две витые пары, 1 мбит/с) и обеспечивает достаточно высокую скорость передачи информации между архивной ЭВМ и ЭВМ подсистемы под прог-рамным управлением (10 кбайт/с), что является приемлемым, поскольку обращение к архиву происходит достаточно редко (не-сколько раз в день).

Драйвер крейта КАМАК [3] обеспечивает быструю связь по двум коаксиальным кабелям между ЭВМ и контроллером крейта КАМАК. Используемая в драйвере и контроллере гальваническая трансформаторная развязка с линиями связи обеспечивает повы-шение помехоустойчивости драйвера и контроллера КАМАК и ЭВМ.

СТРУКТУРА АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

При создании аппаратуры управления шаговыми двигателями станка КД46 был проведен анализ режимов работы шаговых приводов. Движения рабочего стола и шпинделей станка не перекрываются во времени. Шпиндели во всех режимах работы либо передвигаются синхронно (выполняют одинаковые движения), либо некоторые из них не участвуют в движениях.

Управление рабочим столом станка позиционное, т. е. характер перемещения стола по координатам x и y из одной точки в другую может быть произвольным, если обеспечивается необходимое быстродействие и точность позиционирования.

Учитывая эти особенности, было предложено обеспечить управление шаговыми двигателями станка от одного блока управления с коммутацией двигателей на основе трех типов модулей: модуля управления от ЭВМ скоростными параметрами шаговых приводов, модуля коммутации, модуля силового питания ШД. Структурная схема управления шестью шаговыми двигателями станка от упомянутых модулей показана на рис. 4.

Модуль управления скоростными параметрами (УШД2) обеспечивает выполнение задаваемых от ЭВМ команд на отработку нужного числа шагов с программируемыми параметрами движения: начальной скоростью, ускорением, временем ускорения—замедления (рис. 5).

Модуль коммутации (ИШАК) обеспечивает коммутацию выходных сигналов модуля УШД2 на четыре модуля силового питания ШД в зависимости от вектора направлений, задаваемого от ЭВМ, и чтение в ЭВМ состояния датчиков крайних положений. Более подробное описание модулей УШД2 и ИШАК приведено в [5].

В качестве модуля силового питания ШД предложено использовать разработанные в ИЯФ СО АН СССР блоки ПШД5. Применение блоков ПШД5 с электронной форсировкой питающего напряжения для питания управляющих обмоток ШД обеспечило увеличение максимальной частоты работы ШД в 2 раза (до 14 кГц) и скорости изменения частоты (ускорения) в четыре раза (до 100 кГц/с). Это позволило в 2 раза увеличить скорость перемещений рабочего поля станка.

Зависимое управление шестью шаговыми двигателями станка (рис. 4) от одного модуля УШД2 снижает на 30% среднюю ско-

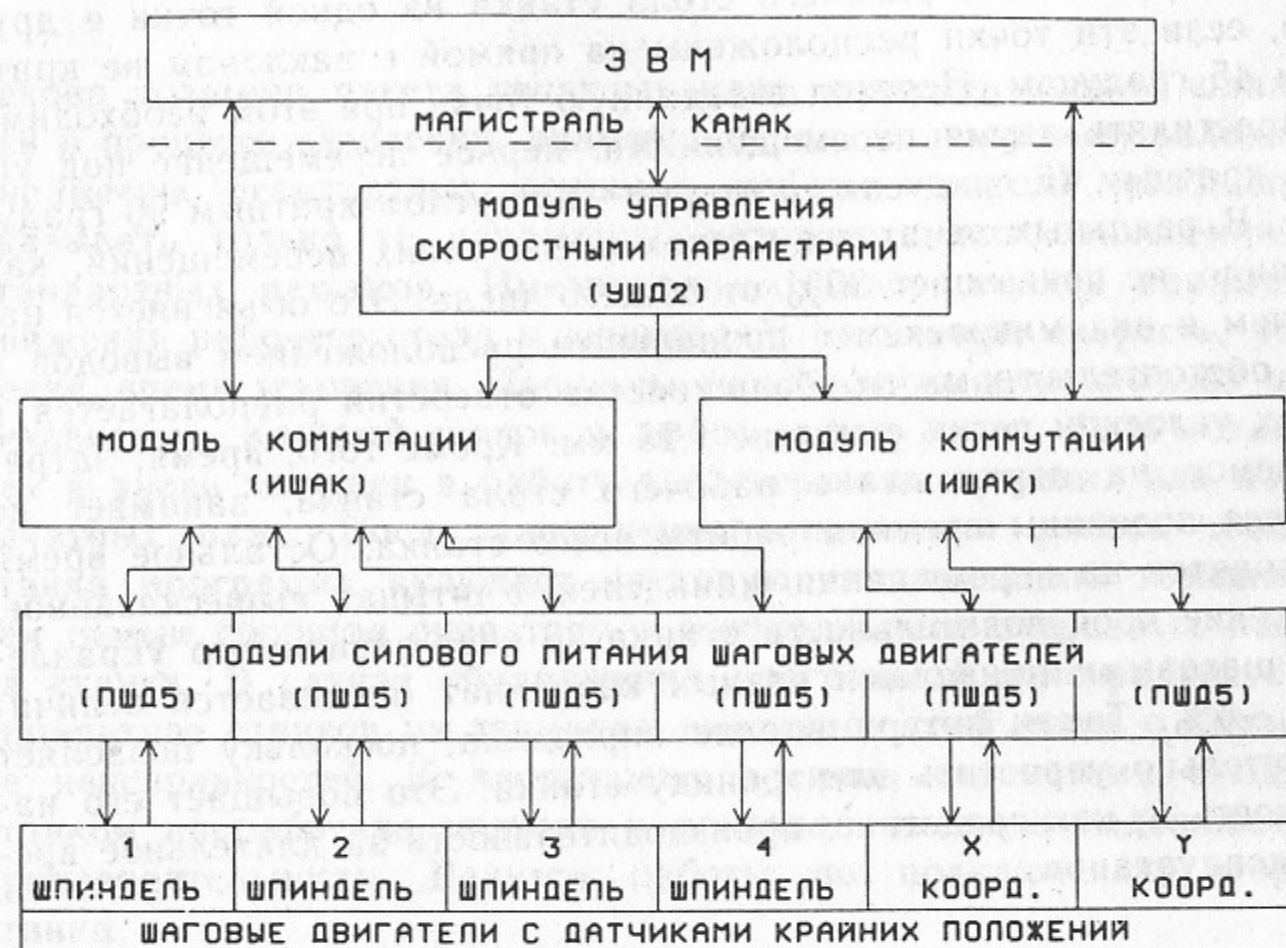


Рис. 4.

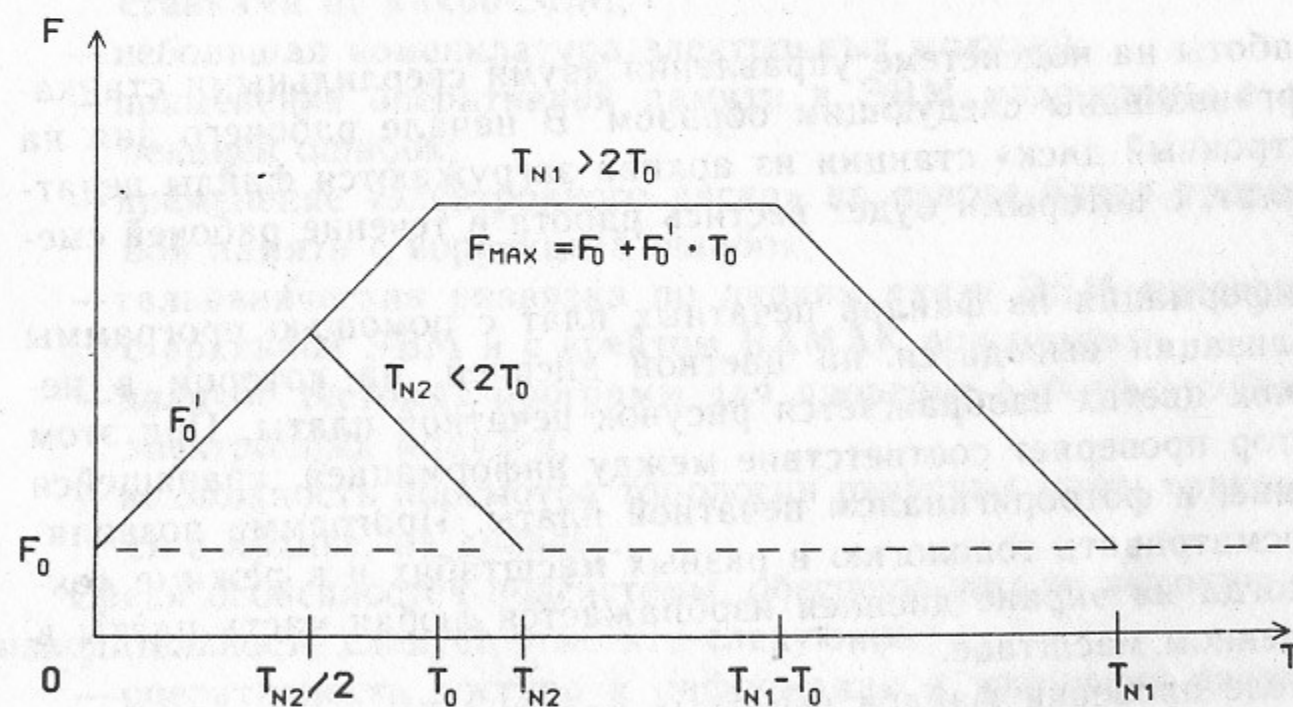


Рис. 5

рость перемещений рабочего стола станка из одной точки в другую, если эти точки расположены на прямой с наклоном не кратным 45 градусам. Переход в заданную точку при этом необходимо осуществлять двумя перемещениями: первое перемещение под углом кратным 45 градусам, а второе — под углом кратным 90 градусам. В реальных печатных платах число таких перемещений, как правило, не превышает 30% от общего числа. Это объясняется наличием в них микросхем с продольным расположением выводов и тем обстоятельством, что большинство отверстий располагается в узлах условной сетки с шагом 1.25 мм. Кроме того, время, затрачиваемое на перемещение рабочего стола станка, занимает не больше половины времени работы всего станка. Остальное время приходится на перемещения шпинделей. Учитывая вышесказанное, снижение производительности станка за счет зависимого управления шаговыми приводами разных координат оценивается величиной ~5%. Такая потеря вполне оправдана, поскольку позволяет значительно упростить электронику станка. Это повышает его надежность и, как следствие, производительность за длительное время эксплуатации.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ПОДСИСТЕМЕ, ЕЕ ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Работы на подсистеме управления двумя сверлильными станками организованы следующим образом. В начале рабочего дня на «электронный диск» станции из архива загружаются файлы печатных плат, с которыми будет вестись работа в течение рабочей смены.

Информация из файлов печатных плат с помощью программы визуализации выводится на цветной дисплей, на котором в нескольких цветах изображается рисунок печатной платы. При этом оператор проверяет соответствие между информацией, хранящейся в архиве, и фотооригиналом печатной платы. Программа позволяет просматривать топологию в разных масштабах и в режиме «окна», когда на экране дисплея изображается любая часть платы в увеличенном масштабе.

После проверки файлов печатных плат в ОЗУ загружается основная программа управления сверлильными станками. Ей сообщаются сведения о том, на каком станке какую плату сверлить,

какова толщина пакета печатных плат, скорость подачи шпинделей в процессе сверления, диаметр сверла. В программу заложены параметры стандартных режимов работы, поэтому необходимо указывать только те параметры, которые имеют отклонения от стандартных режимов. Имеется возможность менять параметры движения рабочего стола и шпинделей: начальную скорость, ускорение, время ускорения. Процессы сверловки на двух станках идут независимо. Каждый станок в любое время может быть остановлен и вновь запущен в работу для сверловки прежних или новых печатных плат. После завершения выполнения работы любого станка программа включает звуковую сигнализацию терминала, тем самым сообщая оператору о необходимости очередного запуска станка. В случае обнаружения программой неисправностей в аппаратуре станков на терминал выводятся сообщения о характере неисправностей. К настоящему времени подсистема с одним станком проработала полгода и показала высокую надежность и производительность. Ведутся работы по подключению второго станка.

Подводя итоги, можно выделить следующие особенности подсистемы, обеспечившие ее надежность:

- отказ от работы с перфолентой и организация управления станками от микро-ЭВМ;
- небольшая номенклатура электронных модулей;
- применение оперативной памяти в ЭВМ подсистемы с коррекцией ошибок;
- применение «электронного диска» на основе блока оперативной памяти с коррекцией ошибок;
- гальваническая развязка по линиям связи ЭВМ подсистемы с архивной ЭВМ и с крейтом КАМАК подсистемы;
- наличие тестовых программ для проверки работоспособности электронных модулей;
- возможность просмотра топологии печатных плат, хранящихся в архиве, на дисплее.

Среди особенностей подсистемы, обеспечивших ее высокую производительность следует отметить следующие:

- оперативность доступа к информации о топологии печатных плат через архивную ЭВМ;
- применение ключевой схемы питания ШД с повышенным форсажным напряжением;
- управление шаговыми двигателями станков с программируемыми от ЭВМ скоростными параметрами движения;

— программная оптимизация перемещений и их параметров рабочего стола и шпинделей станка;

— управление звуковой индикацией терминала для привлечения внимания оператора.

Технические характеристики станции:

— управляет одновременно двумя сверлильными станками с ЧПУ КД46 по разным программам сверления;

— обеспечивает автономную работу станков в течение рабочей смены;

— скорость перемещений рабочего стола станка — 4000 мм/мин;

— ускорения при разгоне-торможении рабочего стола станка — 0,5 м/с·с (100 кгц/с);

— средняя производительность каждого станка при сверлении отверстий диаметром 0,8 мм с подачей шпинделей 2000 мм/мин пакета из трех печатных плат общей толщиной 4,5 мм, размером 200×200 мм, и количеством отверстий 500—1000 80—100 отверстий в минуту.

Подсистема позволила поднять производительность каждого станка в 2 раза, уменьшить количество управляющего оборудования больше чем в 2 раза и повысить его надежность.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.Н. Соколову за большую техническую помощь при изготовлении и запуске подсистемы.

1. М.М. Карлинер, М.Н. Кондауров, С.В. Кротов, А.Ф. Серов. Система автоматизированного интерактивного проектирования РЭА «Графика-СМ». — В кн.: Научно-техническая конференция «Автоматизация конструкторского проектирования РЭА и ЭВА». Тезисы докладов. Пенза, 1984, с.13—15.
2. Б.Л. Сысолетин. Архив данных многомашинного комплекса РАДИУС. — Препринт ИЯФ СО АН СССР 86-160. Новосибирск, 1986.
3. В.И. Нифонтов, А.Д. Орешков, А.Н. Путьмаков, И.А. Скарин. Контроллер и драйвер для организации связи в последовательном виде между ЭВМ Электроника-60 и крейтами КАМАК. — Препринт ИЯФ СО АН СССР 82-90. Новосибирск, 1982.
4. Э.А. Купер, Г.С. Пискунов, В.В. Репков, В.С. Серов. Цветной растровый дисплей ЦДР-2. — Препринт ИЯФ СО АН СССР 84-112. Новосибирск, 1984.
5. С.В. Кротов. Шаговые приводы в стандарте КАМАК. — Препринт ИЯФ СО АН СССР 83-99. Новосибирск, 1983.
6. Э.Л. Неханевич. Применение последовательной передачи данных для повышения помехоустойчивости измерительно-вычислительных систем. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Аналитическое приборостроение. Методы и приборы для анализа жидких сред.» Секция «Автоматизированные аналитические системы». Тбилиси, 1986.

М.Н. Кондауров, С.В. Кротов

**Автоматизированная подсистема
сверловки печатных плат
системы автоматизированного проектирования
РЭА «Графика 11»**

Ответственный за выпуск С.Г.Попов

Работа поступила 18 мая 1987 г.
Подписано в печать 23.07.1987 г. МН 08284
Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1,1 печ.л., 0,9 уч.-изд.л.
Тираж 150 экз. Бесплатно. Заказ № 98

*Набрано в автоматизированной системе на базе фото-
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и
отпечатано на ротапинтере Института ядерной физики
СО АН СССР,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.*