

А. А. БОРОВИКОВ, В. В. БРЫЗГАЛОВ, М. М. ГУБАЕВА,  
С. А. ГУМЕНЮК, Л. Ф. ЗАЙЦЕВ, Г. Н. ХРОМОВА

(Протвино Московской)

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ АППАРАТУРЫ НРД

Измерительно-вычислительный центр обработки фоновой информации ИФВЭ (Протвино) позволяет анализировать в год десятки тысяч событий, регистрируемых современными пузырьковыми камерами. Очевидно, что обработка громоздких массивов информации невозможна без применения высокопроизводительных автоматических устройств, таких, например, как хорошо известный оптико-механический сканирующий автомат НРД [1]. Среди совокупности задач, возникающих при создании и эксплуатации системы автоматических измерений, особого внимания заслуживает задача построения диагностических средств. От их полноты, правильности расстановки и информационной доступности в большой степени зависит эффективность процесса автоматических измерений и удобство обслуживания системы. Именно этим объясняется важная роль диагностических средств, позволяющих проводить контроль работоспособности электронной аппаратуры и механических узлов автомата при его использовании в массовых измерениях.

Рис. 1 дает представление о структуре оборудования автомата НРД. Как известно [2], комплекс диагностических средств включает в себя средства тестового и функционального диагноза. В ИФВЭ имеются две работающие в режиме массовых измерений установки НРД, которые функционируют под управлением вычислительной машины среднего класса (оперативная память 64 К 24-разрядных слов, среднее время выполнения одной логической операции 4 мкс). В режиме интенсивной эксплуатации, когда большую часть оперативной памяти ЭВМ занимает измерительная программа, не всегда удобно использовать в ремонтных работах, проводимых параллельно с измерениями, тестовые программы комплексной [3] диагностики из-за их громоздкости. Нами была признана более удобной в эксплуатации система тестовых программ, осуществляющих проверку конкретного блока. Тестовая диагностика измерительного устройства часто требует специального изображения (изображение на фотопленке точно изготовленной решетки или линий с заданными параметрами), а проведение тестового диагноза увеличивает долю непроизводительных временных затрат. Однако ее роль неопределима на стадии создания и ввода в эксплуатацию измерительной системы, а также при проведении профилактических и ремонтных работ. Развитие средств тестового диагноза одновременно с конструктивной доработкой отдельных узлов автомата позволило не только построить оптимальную процедуру проверки, но и усовершенствовать создаваемую аппаратуру. Обязательным спутником массовых измерений является функциональный диагноз (встроенный в основные программы, он обеспечивает отсутствие перерывов в работе). В ходе выполнения функционального диагноза осуществляется автоматическая проверка аппаратуры по ее реакциям при выполнении измерительных процедур. Тем самым проводится автоматический поиск и устранение возникающих случайных сбоев. При этом контроль ведется по отдельным выделенным параметрам в общем комплексе работающей аппаратуры.

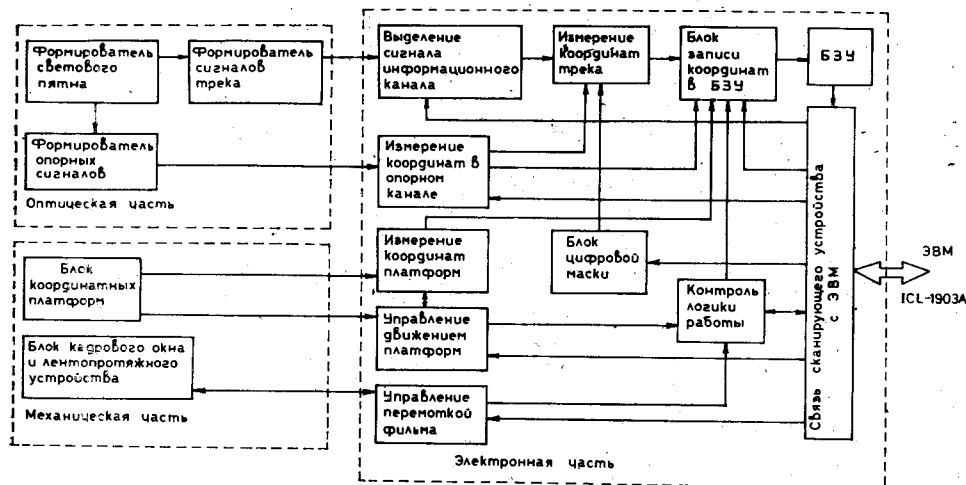


Рис. 1.

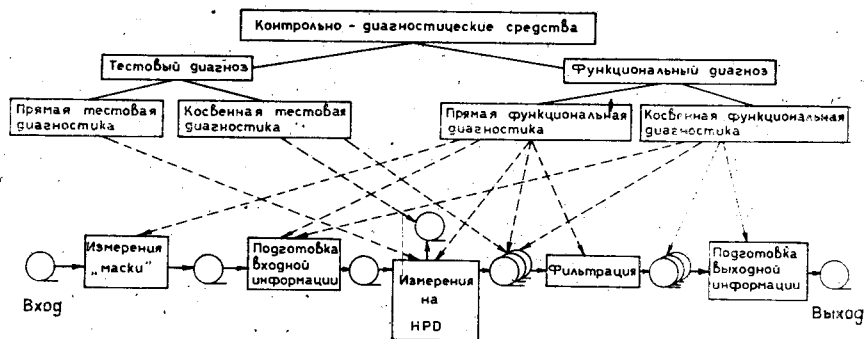


Рис. 2.

По способу работы программные средства диагностики НРД нами разделены на два уровня. Первый уровень составляют программы *прямой диагностики*, работающие «в линию» с аппаратурой автомата. Второй уровень представлен средствами *косвенной диагностики*, оценивающими работу устройства по информации рабочих измерений, записанной на магнитные ленты. Проводить диагностику на этом уровне удобно, поскольку она выполняется параллельно с процессом измерений. Структура контрольно-диагностических средств системы НРД ИФВЭ приведена на рис. 2.

В основу методов прямой диагностики НРД положен принцип такой организации, когда по командам из ЭВМ управляющие блоки вырабатывают воздействия на элементы системы, а опросные блоки проводят измерения результатов этих воздействий. Основные диагностические функции возложены на ЭВМ, что позволяет иметь минимум специализированной диагностической аппаратуры, функционально связанной с программными средствами.

Так как синтез решений по настройке аппаратуры является пока для ЭВМ сложной задачей и требует активного взаимодействия человека и машины, то для поиска конкретных неисправностей в устройстве следует считать приемлемой интерактивную систему тестов, когда вмешательство человека подсказывает «хорошие» в диагностическом смысле тесты. Последовательность команд в программах такого типа унифицирована для различных блоков аппаратуры: установка определенных параметров проверяемого блока в заданное состояние, подача рабочих воздействий на вход блока, опрос состояния блока, выдача полученных рабочих характеристик и результатов проверки на телетайп, ожидание очередной команды от оператора. Визуальная оценка качества работы устройства проводится с использованием графического дисплея со световым карандашом.

При автономной проверке отдельных узлов НРД контролируются такие параметры автомата, как стабильность и качество прижима пленки в кадровом окне, точность вывода координатных платформ в заданное положение, дрейф неподвижной платформы, постоянство скорости перемещения платформы вдоль изображения, качество работы блока выделения сигнала трека. Возможность прямой функциональной диагностики заложена в программу калибровки координатной системы НРД, проводимой непосредственно на измеряемых снимках. Эта программа позволяет получить и проанализировать траекторию движения сканирующего пятна (сканлинии), ее изменение во времени, выявляет неравномерность цены отсчета по световому лучу [4].

Второй уровень диагностических средств представляют программы косвенной диагностики, поскольку информация, полученная на магнитных лентах в режиме рабочих измерений, позволяет опосредованно оценить работу аппаратуры. Данные очередного сканирования считываются в рабочий файл на диске, и проводится их комплексный анализ. Исследуются равномерность нарастания координат вдоль сканлинии и ширина трекового сигнала, если измерения проводились с использованием ширины; оценивается постоянство отсчетов в опорном канале, характеризующее длину сканлинии; проверяется поведение координатных платформ в пределах анализируемой проекции; детектируются форматные сбои («слипание» нескольких сканлиний, неправильное указание конца сканлинии и т. п.). Использование такой проверки особенно эффективно в период наладки нового измерительного режима. Косвенную диагностику работы трекового канала НРД и алгоритма поиска реперных крестов на конкретных снимках можно получить, используя программу статистического анализа точности найденных в измерительном режиме координат центров реперных крестов.

Мощным инструментом косвенной диагностики является программа визуальной оценки работы НРД-системы на разных ее уровнях, использующая графический дисплей со световым карандашом в интерактивном режиме.

Необходимость работать с нестандартным для используемой ЭВМ оборудованием (НРД, графический дисплей, удаленный телетайп) и стремление иметь программы обслуживания с большой скоростью отклика заставили создать *специализированную библиотеку подпрограмм*, написанных на языках низкого уровня. Подпрограммы объединены в функциональные пакеты, каждый из которых решает определенную задачу:

построение последовательности команд для НРД (подключение к ЭВМ, указание требуемого режима работы, установка координатных платформ в определенное положение, перемещение фильма в кадровом окне, проведение режима сканирования, контроль параметров сканирования по таблицам диспетчера и т. п.); данный пакет позволяет оформить программу как систему, состоящую из двух параллельных процессов, один из которых отвечает за организацию работы с автоматом, а другой — за прием и запись информации на внешний магнитный носитель;

оперативная работа с файлами на магнитных лентах и дисках (открытие и закрытие определенного файла, чтение и запись информации, сокращение или расширение размеров файла); эти подпрограммы ориентированы на основные структурные единицы информации системы (фильм, кадр, проекция, событие, трек и т. п.) и позволяют манипулировать ими (декодировка данных сканирования, проход по выходной структуре и т. д.);

динамическая организация памяти и ее гибкое перераспределение при использовании ЭВМ среднего класса с ограниченными ресурсами;

создание в программах аналога страничной памяти с размером страницы, указываемым пользователем, для хранения небольшой части информации в оперативной памяти при работе с большими массивами данных;

организация диалогового режима работы с графическим дисплеем и телетайпом (прием и передача информации, ее анализ на уровне отдельных символов и т. п.).

Специализированная проблемно-ориентированная библиотека подпрограмм в составе программного обеспечения измерительной системы позволяет эффективно работать с аппаратурой и конструировать новые диагностические последовательности на языке высокого уровня.

В системе НРД ИФВЭ программы регулярных измерений или основные программные средства составляют 55%, а программы контрольно-диагностической службы или вспомогательные программные средства — 45% от общего объема. Хотя основные программные средства отличаются от вспомогательных тем, что без них невозможно функционирование комплекса, именно вспомогательные средства обеспечивают наиболее эффективное взаимодействие всех компонентов системы. Созданные диагностические средства автоматизированной системы НРД функционируют с 1975 г., позволяя проводить надежную эксплуатацию системы силами лаборантов и обеспечивая производительность автомата в 100 тыс. событий в год при обработке снимков с больших пузырьковых камер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Benot M., Evershed B., Messerli R. and Powell P. The HPD MARK-2 flying-spot digitizer at CERN.— Geneva, 1968. (Preprint CERN DHD N 68—4).
2. Основы технической диагностики/Под ред. П. П. Пархоменко.— М.: Энергия, 1976, кн. 1.
3. Даминов В. М. Система программ инженерной диагностики TEST для автомата НРД.— В кн.: Труды РТИ АН СССР. М., 1976, № 26, с. 85.
4. Боровиков А. А. и др. Метод коррекции калибровочных параметров НРД в процессе измерения снимков с больших пузырьковых камер.— Серпухов, 1979. (Препринт/ИФВЭ; № 79—38).

*Поступило в редакцию  
4 марта 1983 г.*

Художественный редактор *В. И. Шумаков*  
Технический редактор *А. В. Сурганова*  
Корректоры *А. А. Навгочий, Т. Ф. Погиблова*

---

Сдано в набор 25.04.85. Подписано к печати 19.07.85. МН-02079. Формат 70×108<sup>1/16</sup>. Высокая  
печать. Усл. печ. л. 9,8. Усл. кр.-отт. 10,3. Уч.-изд. л. 11,2. Тираж 1720 экз. Заказ № 694.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099, Но-  
восибирск, 99, ул. Советская, 18.  
4-я типография издательства «Наука». 630077, Новосибирск, 77, ул. Станиславского, 25.